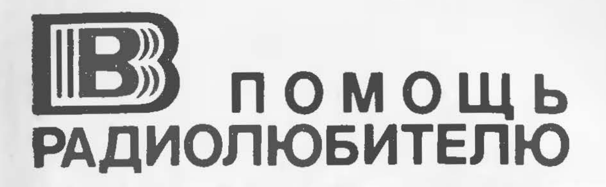




ИЗМЕРЕНИЯ

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ ПРИБОР

В. Суетин

Прибор предназначен для измерения напряжения и силы постоянного и переменного тока, сопротивлений резисторов и емкостей конденсаторов, а также статического коэффициента передачи тока транзисторов $h_{21Э}$. Кроме того, прибор может быть использован в качестве источника питания для налаживания и испытания различных устройств на транзисторах, микросхемах и операционных усилителях.

Основные технические характеристики

Верхние пределы измеряемых величин	
мВ, мкА, Ом, нФ	100 и 1000
В, мА, кОм, мкФ	10, 100 и 1000
переменного напряжения, В	10, 100 и 300
коэффициента $h_{21Э}$	1000
Входное сопротивление, МОм	3

Продолжение

Погрешность измерений, %	
постоянных напряжений и сопротивлений	0,2
постоянных токов и емкостей	0,3
переменных напряжений и токов	0,5
Сила фиксированного тока базы, мкА	1 и 10
мА	0,1, 1 и 10
Число знаков отсчета	3
Переключение поддиапазонов	ручное

Основу прибора составляют функциональные узлы: входное устройство, преобразователь «напряжение — частота», счетчик, преобразователи сопротивления и емкости в частоту, стабилизаторы напряжения. Все узлы прибора соединяются между собой с помощью разъемов *X1—X5*. На рис. 1 приведена схема соединений узлов прибора и их коммутация в зависимости от рода и пределов измерений.

Резисторы *R1—R4* образуют входной делитель напряжения. Так как этот делитель является совмещенным для измерения как на постоянном, так и на переменном токе, параллельно резисторам включены конденсаторы *C1—C3* для частотной компенсации.

Входной делитель тока выполнен на резисторах *R5—R9*. Падение напряжения на этих резисторах при измерении силы тока равно 100 мВ.

Установка нуля прибора производится резистором *R10* — «Уст 0».

Переключение режимов работы — кнопочное *(S1)*, пределов измерения — с помощью галетного переключателя *S2*. Переключатель *S1* типа П2К собран так, чтобы кнопки *S1.1, S1.6* и *S1.7* были с независимой, а кнопки *S1.2—S1.5* — с зависимой фиксацией.

Для измерения напряжения или силы переменного тока нажимают кнопку «~» *(S1.1a)* и соответственно «*U*» *(S1.2)* или «*I*» *(S1.3)*. При этом вход прибора закрывается конденсатором *C4 (S1.1a)* и вводится поправочный коэффициент для пересчета средневыпрямленного значения переменного напряжения в постоянное *(S1.1б)*.

При измерении емкости электролитических конденсаторов следует соблюдать полярность их подключения.

Измерение коэффициента передачи тока $h_{21э}$ производится в режиме «*I*». Транзисторы с длинными выводами

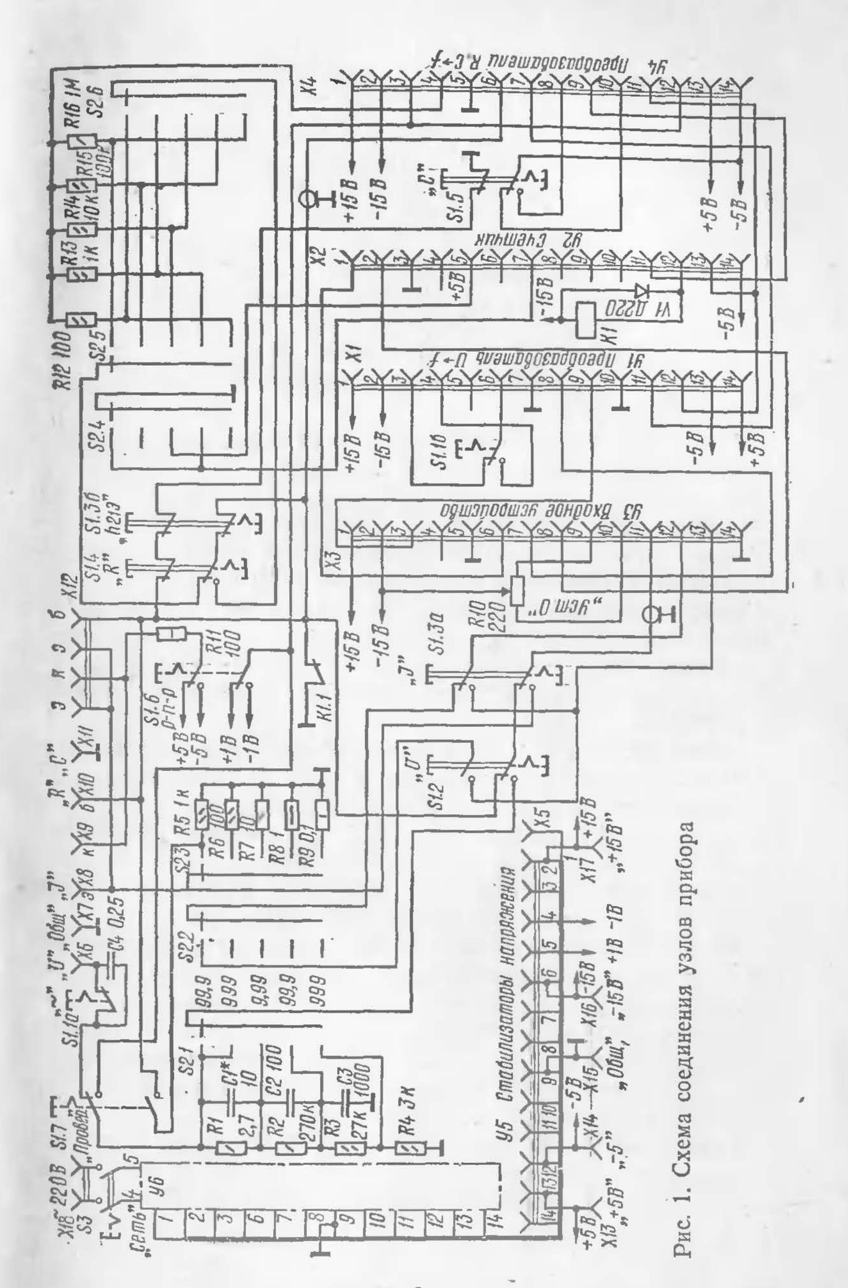


Рис. 1. Схема соединения узлов прибора

подключаются к зажимам *X8—X10*, с короткими и тонкими выводами вставляются в панель *X12*. Фиксированный ток базы задается переключателем *S2*. На табло счетчика с учетом размерности отображается ток эмиттера, при котором производится измерение. Это же показание без учета запятой является коэффициентом $h_{21э}$ транзистора.

Проверка работоспособности и настройка прибора производятся нажатием кнопки *«Провер» S1.7*. В этом случае в режиме *«U»* на вход прибора подается в зависимости от положения кнопки *S1.6* образцовое напряжение +1 В или —1 В, а в режиме *«R»* ко входным зажимам *X10* и *X11* подключается внутренний резистор *R5* сопротивлением 1 кОм.

Зажимы *X13—X17* источников питания предназначены для подключения внешней нагрузки.

Функциональные узлы выполнены на одинаковых по размерам печатных платах, изготовленных из фольгированного стеклотекстолита. Соединение плат с прибором осуществляется с помощью разъемов МРН14-1.

В качестве реле *K1* использовано реле РЭС-15 (паспорт РС4.591.004). Его можно заменить другим реле с напряжением срабатывания 10—12 В. Панель *X12* можно изготовить из половины гнездовой части разъема МРН8-1.

Образцовые резисторы *R12—R16*, а также резисторы входных делителей напряжения и тока следует подобрать особенно тщательно, так как неточность их номиналов внесет дополнительную погрешность измерений. Рассмотрим устройство отдельных узлов прибора.

Источники питания. Изготовление функциональных узлов целесообразно начать с источников питания. Тогда отпадет необходимость использования для налаживания узлов случайных источников, возможно не совсем подходящих. В данной конструкции выбраны два двуполярных источника питания со стабилизированными напряжениями ±5 и ±15 В. Эти же напряжения являются выходными для работы с внешней нагрузкой.

Техническая характеристика:

выходные напряжения ±5 и ±15 В; сила тока нагрузки для напряжений ±5 В 500 мА, для напряжений ±15 В 300 мА; коэффициент нестабильности по току 0,2%.

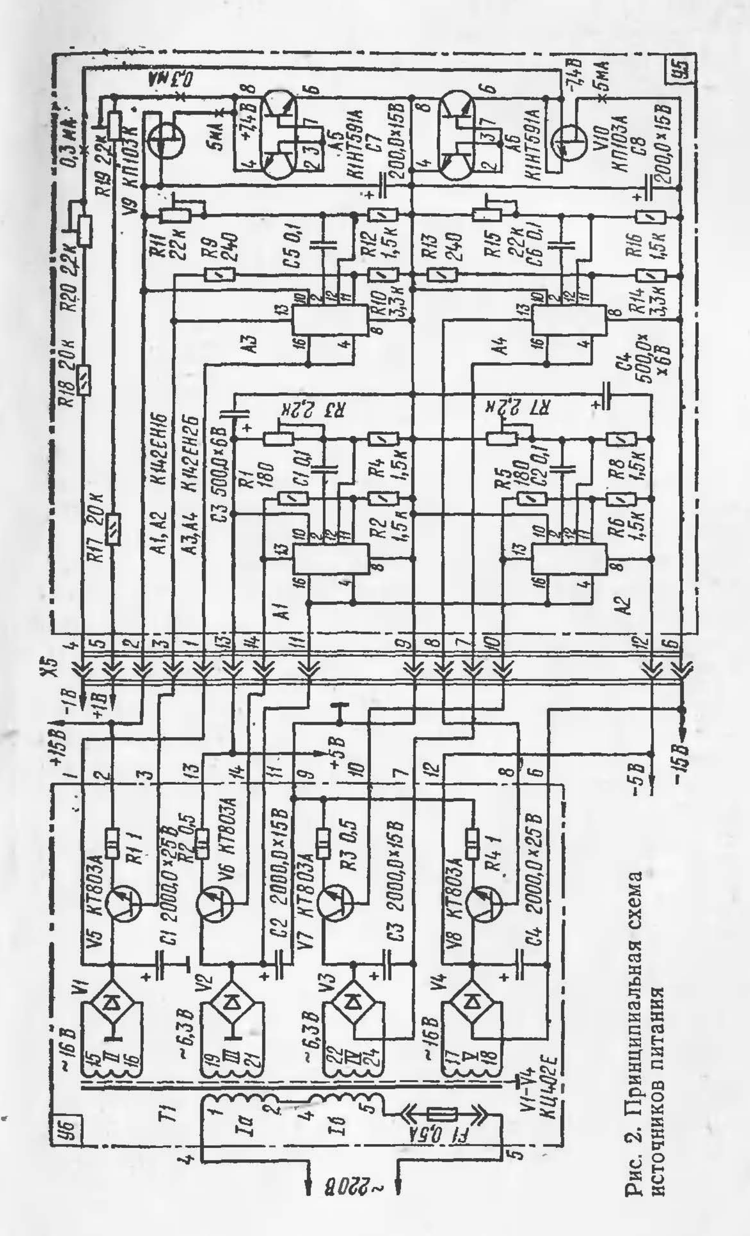


Рис. 2. Принципиальная схема источников питания

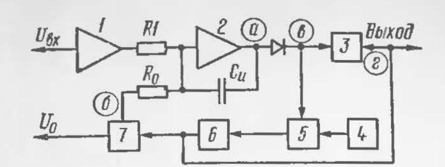


Рис. 4. Структурная схема преобразователя

суммарное входное сопротивление которых составляет 3,3 кОм.

Преобразователь «напряжение — частота». При построении цифрового прибора одним из основных узлов является преобразователь напряжения в частоту, от которого во многом зависят метрологические характеристики всего прибора.

При подаче напряжения на вход преобразователя на его выходе создается последовательность импульсов, частота повторения которых прямо пропорциональна уровню входного сигнала.

В основу принципа преобразования напряжение — частота в данном приборе положен метод двойного интегрирования, который отличается при сравнительно простой схеме высокой точностью преобразования в широком диапазоне измерения преобразуемой величины.

Техническая характеристика: входное напряжение 1 В; полярность входного напряжения положительная; входное сопротивление 10 кОм; выходная частота 1000 Гц; разрешающая способность 1 мВ; коэффициент преобразования 1000 Гц/В; нелинейность преобразования 0,05%.

Структурная схема преобразователя приведена на рис. 4. Основными его узлами являются: усилитель-фильтр *1*, интегратор *2*, сравнивающее устройство *3*, кварцевый генератор *4*, схема пропускания *5*, делитель *6* и управляющий ключ *7*.

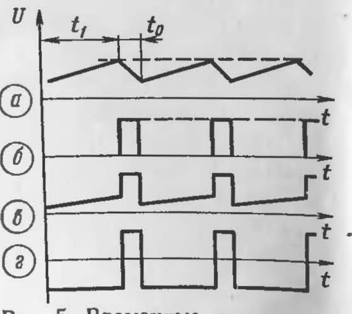


Рис. 5. Временные диаграммы, поясняющие работу преобразователя

Цикл преобразования осуществляется в два такта: в течение интервала t_1 (рис. 5) происходит интегрирование только входного напряжения $U_{вх}$, в течение t_0 — одновременно входного $U_{вх}$ и опорного U_0.

В такте t_1 входной сигнал после усиления и инвертирования усилителем *1* поступает через резистор *R1* на инвертирующий вход интегратора *2*. Ключ *7* при этом замкнут.

От воздействия отрицательного сигнала через резистор *R1* напряжение на выходе интегратора *2* линейно возрастает. Крутизна нарастания зависит от уровня входного напряжения: чем больше $U_{вх}$, тем больше крутизна нарастания и, следовательно, тем меньше продолжительность t_1.

В момент, когда выходное напряжение интегратора достигнет порогового значения $U_п$, на входе схемы пропускания *5* устанавливается логическая единица, разрешающая прохождение сигнала кварцевого генератора *4* в делитель *6*. По прохождении сигнала генератора через делитель первый же перепад напряжения на выходе делителя открывает ключ *7*. На инвертирующий вход интегратора через резистор R_0 поступает опорное напряжение U_0, полярность которого противоположна полярности напряжения, подаваемого через резистор *R1*, а амплитуда больше этого напряжения, в результате чего изменение напряжения на выходе интегратора происходит в обратную сторону.

С приходом второго перепада напряжения на выходе делителя из состояния 0 в 1 заканчивается такт t_0, закрываются схема пропускания *5* и ключ *7*. Продолжительность такта t_0, а следовательно, длительность выходного импульса строго постоянна и задается кварцевым генератором *4* и делителем *6*. Преобразователь переходит в состояние интегрирования только входного напряжения, возникает периодический процесс. Частота на выходе преобразователя прямо пропорциональна входному напряжению. Функция преобразования линейная.

Принципиальная схема преобразователя дана на рис. 6. Усилитель *A1* и интегратор *A2* выполнены на операционных усилителях, устройство сравнения — на транзисторе *V2*, управляющий ключ — на транзисторе *V3*.

Когда ключ закрыт, транзистор *V3* насыщен: потенциал на его коллекторе близок к нулю.

Вход *Б* совместно со входом *А* используется при преобразовании в частоту постоянного напряжения отрицательной полярности или средневыпрямленного значения переменного напряжения.

2 2493

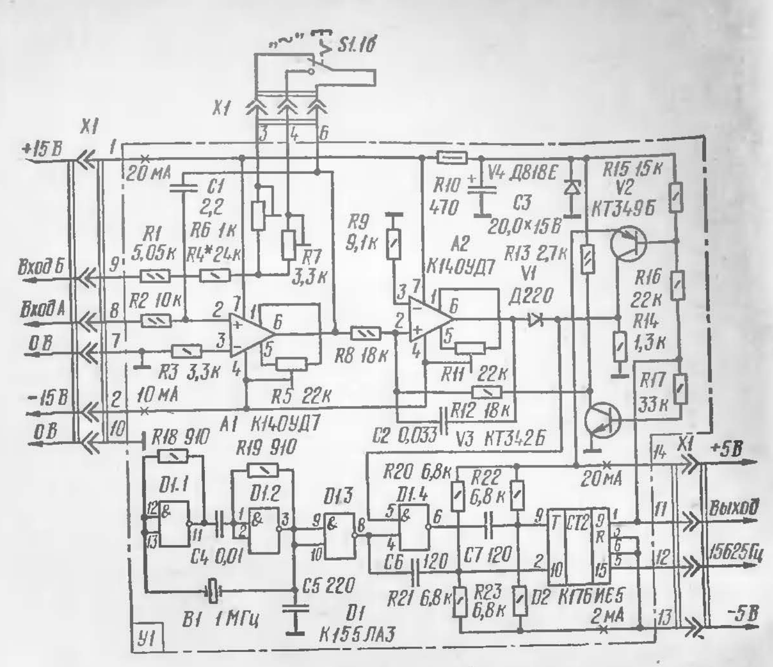


Рис. 6. Принципиальная схема преобразователя

В этом случае операционный усилитель *A1* служит сумматором двух напряжений, а при наличии в цепи отрицательной обратной связи конденсатора *C1* выполняет также функцию активного фильтра, сглаживающего пульсации выпрямленного напряжения. Переключателем *S1* осуществляют коррекцию в зависимости от формы кривой переменного напряжения.

Кварцевый генератор выполнен на элементах *D1.1* и *D1.2*, схема совпадения — на *D1.4*. В качестве делителя использованы девять двоичных разрядов микросхемы *D2*. Коэффициент деления $n = 512$.

Достоинством данного типа преобразователя является независимость функции преобразования от большинства элементов. Стабильность преобразования так высока, что изменение емкости интегрирующего конденсатора в несколько раз не оказывает влияния на выходную частоту.

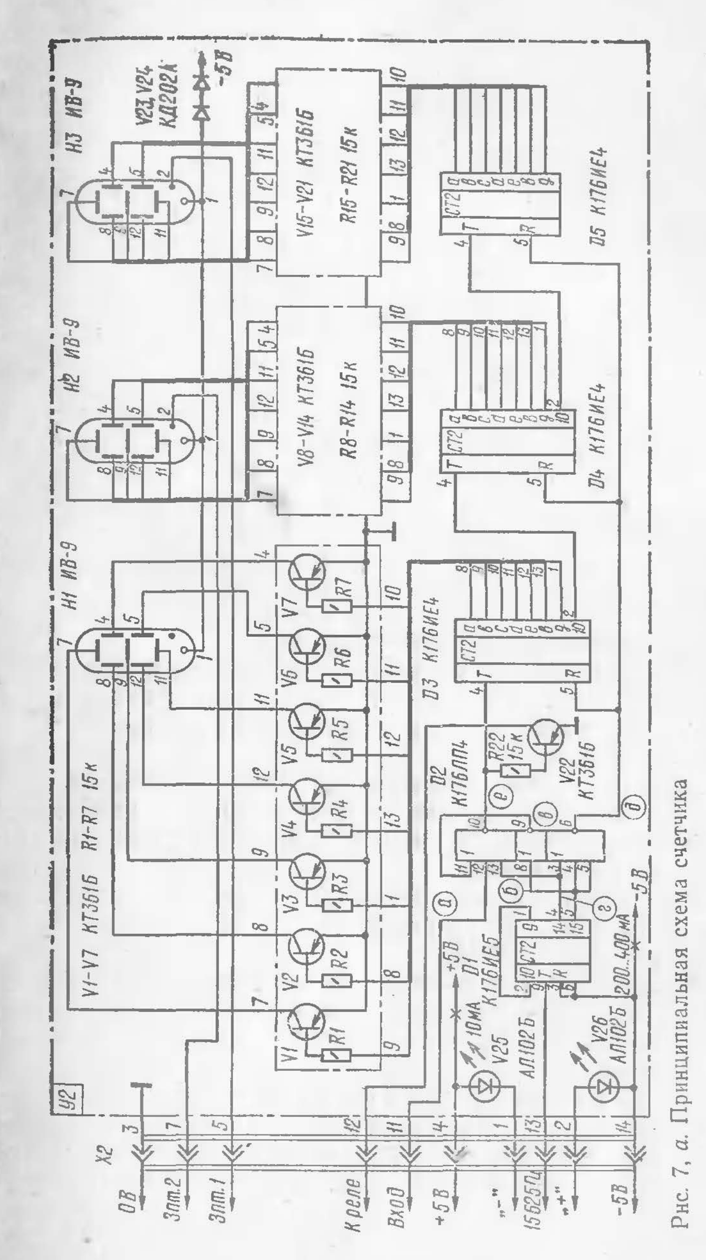


Рис. 7, *а*. Принципиальная схема счетчика

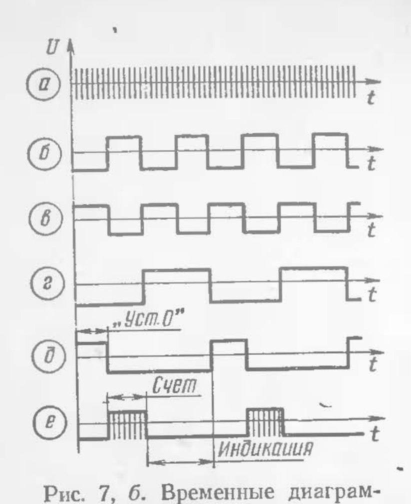


Рис. 7, *б*. Временные диаграммы, поясняющие работу счетчика

На результат преобразования не сказываются также медленные изменения времени срабатывания, поэтому нет жестких требований к стабильности цепей интегрирования и устройства сравнения.

Основным источником погрешности преобразователя является нестабильность опорного напряжения U_0 и остаточного напряжения открытого транзистора *V3*. С целью уменьшения нестабильности U_0 в преобразователе использован стабилитрон *V4* (Д818Е) с минимальным температурным коэффициентом напряжения.

Для уменьшения остаточного напряжения транзистор *V3* выбран серии КТ342Б с малым напряжением насыщения коллектор-эмиттер. Хорошо работает здесь и транзистор КТ312В.

Транзистор *V2* может быть любым кремниевым, типа *p — n — p* с допустимым напряжением база-эмиттер не менее 4 В, например КТ349, КТ347, КТ363 с любыми буквенными обозначениями.

Резисторы *R1, R2, R8, R13* — БЛП, *R5—R7, R9—R11* — СП3-1б. Остальные МЛТ. Конденсатор *C2* — КМ-6 или К40У, БМ-2.

Счетчик, принципиальная схема которого приведена на рис. 7, *а*, предназначен для совместной работы с преобразователем напряжение-частота, описание которого дано выше.

Техническая характеристика: число знаков отсчета — 3; входной сигнал — разнополярный импульс амплитудой ±5 В; режим работы — периодический; время измерения 0,48 с; время индикации 0,96 с; цикл измерения 1,92 с.

Принцип действия счетчика заключается в подсчете

числа периодов неизвестной частоты за образцовый промежуток времени, который вырабатывается делением частоты кварцевого генератора, равной 1 МГц, предварительно шестиразрядным двоичным делителем в преобразователе напряжение-частота до 15 625 Гц, а затем пятнадцатиразрядным двоичным делителем *D1* непосредственно в счетчике.

На выводах 14-го и 15-го разрядов микросхемы *D1* выделяются импульсы с периодом следования 0,5 и 1 с. Эти последовательности импульсов используются для образования на микросхеме *D2* программы автоматического управления работой счетчика. Один цикл работы — 2 с и состоит из следующих интервалов: установка 0—0,5, счет — 0,5 и индикация — 1 с.

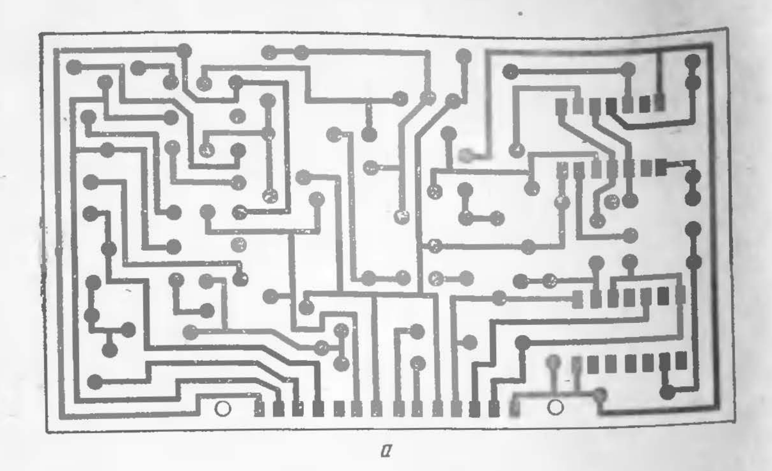
Временные диаграммы, поясняющие принцип работы счетчика в непрерывном режиме запуска, приведены на рис. 7, *б*.

Собственно счетчик выполнен на микросхемах *D3—D5*.

После окончания времени счета установившееся состояние счетчика отображается на индикаторном устройстве, которое обеспечивает визуальный отсчет результата измерений: трехзначную цифровую индикацию измеряемой величины на индикаторах *H1—H3*, полярность измеряемой величины светодиодами *V25* и *V26* и положение знака десятичной запятой. Перенос знака запятой совмещается с переключателем поддиапазонов, положение запятой зависит от выбора предела измерения и размерности результатов.

Для согласования слаботочных микросхем серии 176 с накальными индикаторными лампами применены ключевые каскады на транзисторах *V1—V21*. Статический коэффициент передачи тока этих транзисторов $h_{21э}$ должен быть не менее 60, иначе яркость свечения отдельных сегментов индикаторных ламп может оказаться различной.

Печатный монтаж платы преобразователя односторонний, счетчика — двусторонний. Расположение деталей и их соединение на платах даны на рис. 8 (плата преобразователя) и 9 (плата счетчика). Светодиоды *V25* и *V26* и индикаторные лампы *H1—H3* припаивают непосредственно на плате с противоположной стороны по от-



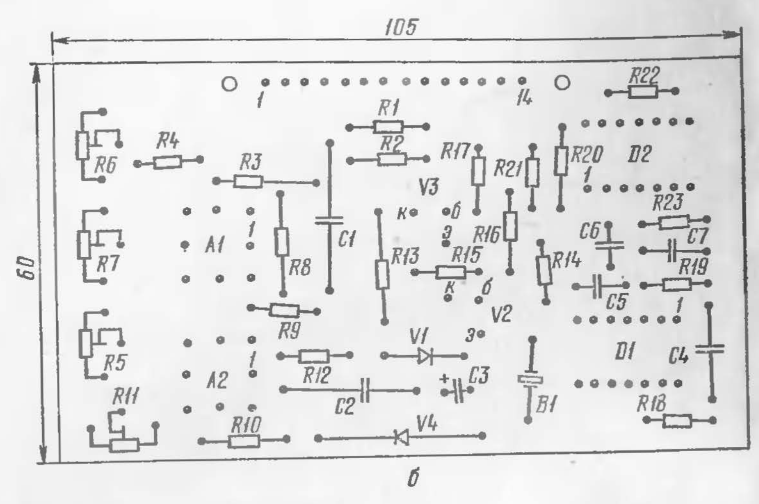
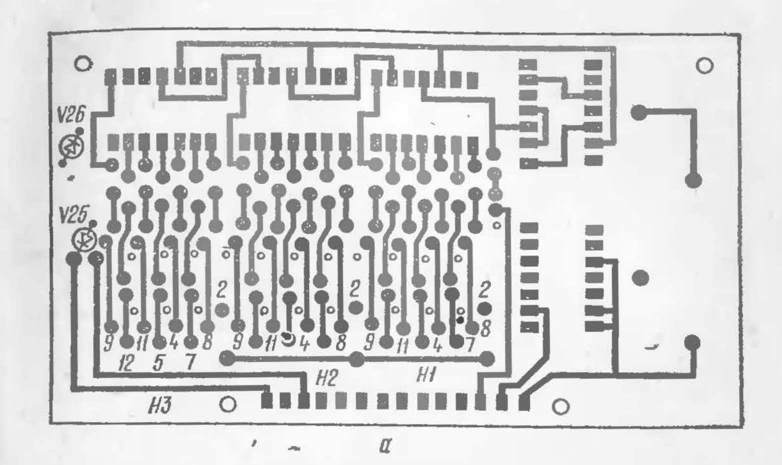


Рис. 8. Плата преобразователя:

а — печатный монтаж; *б* — расположение деталей

ношению к другим деталям. Верхние части ламп закреплены соединительной стойкой. Плату счетчика устанавливают так, чтобы лампы находились против окна лицевой панели.

Собранный без ошибок счетчик начинает работать сразу. Подав на его вход импульсы прямоугольной фор-



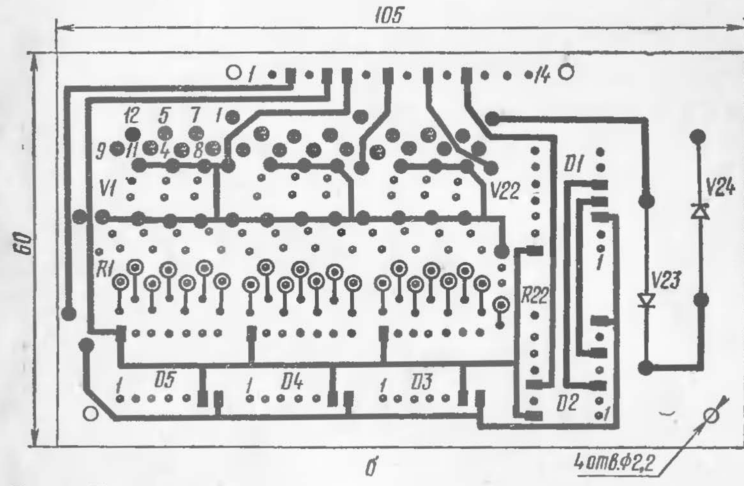


Рис. 9. Плата счетчика:

а — печатный монтаж; *б* — расположение деталей

мы амплитудой ±4 В известной частоты, убеждаются в правильности показаний.

Затем проверяют преобразователь напряжение-частота. Соединяют перемычкой выводы *3* и *6* разъема *X1*, устанавливая преобразователь в режим преобразования напряжения постоянного тока.

К выходу преобразователя подключают счетчик, на вход *А* подают напряжение +0,5 В. В оконечных каскадах преобразователя должен установиться автоколебательный процесс. С помощью осциллографа просматривают эпюры напряжений в характерных точках (см. рис. 5).

Для установления тепловых режимов элементов настройку следует производить после прогрева в течение 15—30 мин.

Соединяют вход *А* и вход *Б* с общей шиной, отпаивают вывод *R8*, подсоединенный к выходу микросхемы *А1*, и соединяют его также с шиной *ОВ*.

Устанавливают на выходе преобразователя «нулевую» частоту, для чего подключают осциллограф к выходу микросхемы *А2* (вывод *6*), где наблюдают пилообразное напряжение. При вращении движка подстроечного резистора *R11* в одну сторону частота возрастает, в другую — уменьшается и при некотором положении срывается.

Под «нулевой» частотой здесь понимается минимальная устойчивая частота. Практически ее устанавливают не более 0,2 Гц, т. е. с периодом одного колебания не менее 5 с, что на порядок больше измерительного интервала 0,5 с.

Восстанавливают соединение резистора *R8* по схеме, повторяют операцию установки «нулевой» частоты, только теперь с помощью резистора *R5*.

Затем подают на вход *А* напряжение постоянного тока +1 В, точное значение которого контролируют по цифровому вольтметру. С помощью резистора *R6* добиваются выходной частоты, равной 1000 Гц.

После настройки вычерчивают график зависимости выходной частоты от входного напряжения. Нелинейность преобразования должна быть не хуже 0,02%. Практически показания цифрового вольтметра и счетчика до третьего знака не должны различаться даже на единицу во всем диапазоне от 0 до 999 мВ. В противном случае настройку следует повторить.

При отклонении температуры окружающей среды на 10° С от номинальной нелинейность ухудшается на 0,02—0,03%. Таким образом, суммарная нелинейность преобразования получается равной 0,05%.

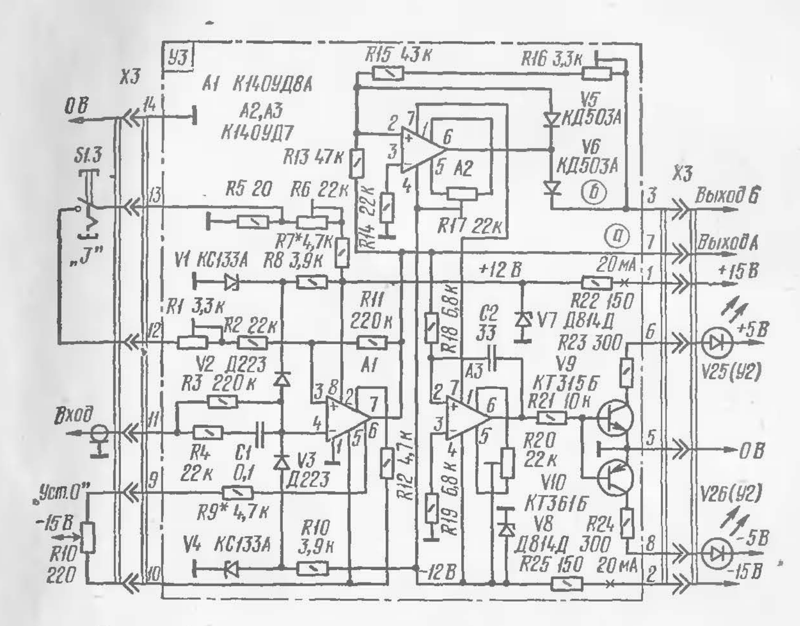


Рис. 10. Принципиальная схема входного устройства

Входное устройство состоит из следующих каскадов: собственно входного каскада, линейного выпрямителя и определителя полярности.

Техническая характеристика: входное сопротивление 50 МОм; входное и выходное напряжения ±5 В; коэффициент усиления — 1 и 10; частотный диапазон 0—10^5 Гц; выбор полярности — автоматический.

Принципиальная схема устройства приведена на рис. 10. Высокое входное сопротивление устройства достигается выбором микросхемы *А1* К140УД8 с полевыми транзисторами на входе.

В режиме преобразования напряжений с амплитудой 1 В и более входной каскад работает как повторитель — выход микросхемы соединен с инвертирующим входом.

В режиме преобразования токов и напряжений в поддиапазоне 100 мВ (в этом случае переключатель *S1.3* замкнут) каскад работает как усилитель с коэффициентом усиления $K = 10$.

Элементы $R3$ и $V1$—$V4$ служат для защиты входа от перегрузок.

Поскольку температурный и временной дрейфы напряжения смещения у микросхем с полевыми транзисторами на входе сравнительно велики, особенно сразу после включения, возникает необходимость ручку балансировки входного каскада $R10$ вынести на лицевую панель.

Сигнал с выхода микросхемы $A1$ поступает непосредственно на выход A и через резистор $R13$ на инвертирующий вход линейного выпрямителя, выполненного на операционном усилителе $A2$.

Линейный выпрямитель предназначен для выделения на выходе $Б$ сигнала только положительной полярности и только тогда, когда на его вход поступает отрицательный сигнал. Это происходит следующим образом. Когда на вход поступает положительный сигнал, выходное напряжение операционного усилителя $A2$ закрывает диод $V6$, напряжение на выходе $Б$ равно нулю. Диод $V5$ при этом открыт. В этом случае на преобразователь напряжение-частота поступает только положительный сигнал с выхода A.

При отрицательном входном сигнале операционный усилитель $A2$ инвертирует его и с единичным коэффициентом усиления через открытый диод $V6$ передает на выход $Б$. В этом случае на преобразователь напряжение-частота (см. рис. 6) поступают два сигнала, равные по амплитуде, но противоположные по знаку: отрицательный по входу A и положительный по входу $Б$.

Однако, так как сопротивление на входе $Б$ преобразователя напряжение-частота вдвое меньше, чем на входе A, то влияние положительного сигнала вдвое больше, чем отрицательного. В результате суммарный сигнал в точке соединения входных резисторов равен единичному значению с положительным знаком.

Таким образом, линейный выпрямитель входного устройства совместно с сумматором преобразователя напряжение-частота образуют формирователь модуля сигнала, в данном случае положительного, при любой полярности входного сигнала. Тем самым отпадает необходимость в ручном выборе полярности.

Точно так же ведет себя формирователь модуля сигнала при подаче на вход переменного напряжения.

В результате суммирования входного переменного напряжения, поступающего по входу A, и инвертированной полуволны этого напряжения, полученной с выхода схемы выделения одного полупериода (выхода $Б$), на выходе сумматора выделяется положительное пульсирующее напряжение (рис. 11).

Здесь же в сумматоре за счет емкости конденсатора $C1$ происходит фильтрация этого напряжения. Далее постоянное напряжение, пропорциональное входному синусоидальному сигналу, преобразуется в частоту с помощью преобразователя напряжение-частота.

Резисторы $R1$, $R6$, $R17$, $R20$ — СП-1б, $R2$, $R7$, $R9$, $R11$—$R15$ — С2-29В, остальные МЛТ. Конденсаторы КМ-6 и КТ-1. Расположение деталей и их соединение даны на рис. 12.

При налаживании соединяют вход устройства $У3$ с общим проводом, выход A — со входом A предварительно настроенного преобразователя напряжение-частота, к выходу последнего подключают счетчик. Подают питание ± 5 и ± 15 В.

Прежде всего необходимо сбалансировать все три операционных усилителя $A1$—$A3$ (см. рис. 10). С помощью внешнего резистора $R10$ «Уст. 0» устанавливают на счетчике некоторое показание. Затем, медленно вращая ручку резистора $R10$, добиваются показания нулей на счетчике.

Желательно, чтобы установка нуля входного устройства производилась в среднем положении резистора $R10$. Это можно сделать уточнением номинала резистора $R9$ путем подбора его за счет разброса номиналов нескольких резисторов сопротивлением 4,7 кОм.

После этого подключают выход $Б$ входного устройства ко входу $Б$ преобразователя напряжение-частота. Повторяют установку счетчика в нулевое состояние, только теперь с помощью подстроечного резистора $R17$.

Нажав переключатель $S1.3$, переводят входной каскад в режим усиления с коэффициентом $K = 10$. Из-за изменения входных сопротивлений и соответственно входных токов первого дифференциального каскада микросхемы $A1$ напряжение на ее выходе не остается постоянным. Чтобы его скомпенсировать, во входном устройстве предусмотрен делитель $R5$ — $R7$, с которого часть положительного напряжения подается на инверти-

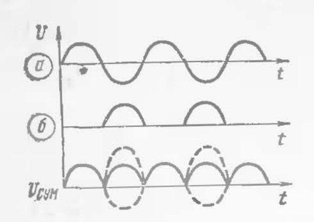
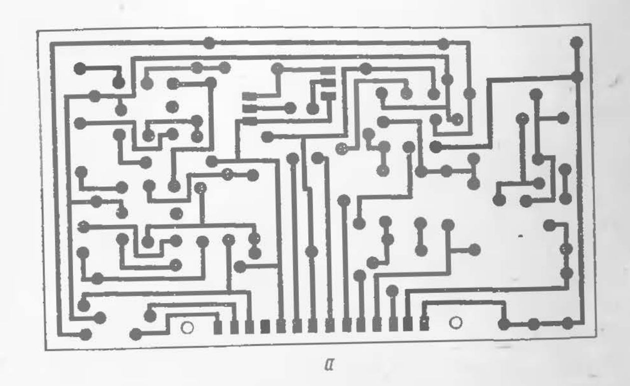
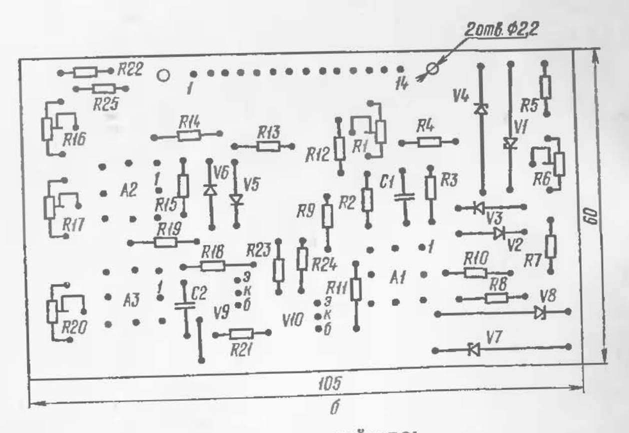


Рис. 11. Временные диаграммы, поясняющие работу входного устройства



а



б

Рис. 12. Плата входного устройства:

а — печатный монтаж; *б* — расположение деталей

рующий вход усилителя *A1*. Вращением движка резистора *R6* добиваются компенсации отклонения выходного напряжения. Периодически замыкая и размыкая контакты переключателя *S1.3*, проверяют, чтобы в обоих случаях на выходе было точно нулевое показание.

Балансировку определителя полярности на операционном усилителе *A3* производят по индикаторным светодиодам *V25, V26*, расположенным на плате счетчика. Поворотом движка резистора *R20* стараются добиться такого положения, чтобы оба светодиода оказались погашенными.

Затем подают на вход устройства постоянное напряжение +99 мВ, контролируя его с помощью цифрового вольтметра постоянного тока.

На табло счетчика должны засветиться красный светодиод и цифры 99. Если показание счетчика несколько отличается, следует уточнить положение подстроечного резистора *R6* преобразователя напряжение-частота (см. рис. 6)..

При нажатии кнопки переключателя *S1.3* показание счетчика должно возрасти в 10 раз. Точную установку показания 990 производят подстроечным резистором *R1*.

Затем подают на вход напряжение отрицательной полярности —99 мВ, при этом должен засветиться зеленый светодиод. Установку показаний счетчика в этом случае производят резистором *R16*.

Изменяя напряжение на входе от 1 мВ до 1 В, строят график зависимости показаний счетчика от входного напряжения не менее, чем в десяти точках отдельно для положительной и отрицательной полярности. Если показание счетчика отличается от показаний цифрового вольтметра до третьего знака более, чем на единицу, настройка произведена только удовлетворительно, и ее следует повторить.

Прежде всего нужно тщательно установить «нулевую» частоту преобразователя напряжение-частота и сбалансировать операционные усилители входного устройства, после чего добиваться равенства показаний в других точках.

Заканчивают настройку входного устройства подачей на его вход переменного напряжения синусоидальной формы в диапазоне от единиц милливольт до 1 В, контролируя входное напряжение цифровым вольтметром

переменного тока. Совпадение показаний в этом режиме работы производят резистором *R7* в преобразователе напряжение-частота при нажатом переключателе *S1.1*.

Преобразователи сопротивления и емкости в частоту предназначены для расширения функциональных возможностей прибора. Преобразование обеих величин производится в два этапа. Сначала получают эквивалентное сопротивлению R_x постоянное напряжение, которое затем преобразуется в частоту с помощью преобразователя напряжение-частота. Емкость конденсатора C_x также предварительно преобразуется в пропорциональную промежуточную величину — временной интервал, который затем заполняется импульсами стабильной последовательности, а последние сосчитываются счетчиком.

Техническая характеристика преобразователя сопротивлений: сопротивления образцовых резисторов 10, 100, 1000 Ом и 10, 100, 1000, 10 000 кОм; верхние пределы измерения сопротивлений 10, 100, 1000 Ом и 10, 100, 1000, 10 000 кОм; падение напряжения на резисторе 100 мВ; сила тока, проходящего через резистор, 100, 10, 1 мА и 100, 10, 1, 0,1 мкА; погрешность измерений 0,1%.

Принцип преобразования сопротивления в постоянное напряжение основан на определении падения напряжения U_x на преобразуемом резисторе при прохождении по нему строго постоянного тока.

Поэтому основным каскадом данного преобразователя является источник стабильного тока. Источник тока, принципиальная схема которого дана на рис. 13, выполнен на операционном усилителе *A1*. На вход источника тока подается стабилизированное напряжение, к которому предъявляются высокие требования, поскольку от него зависит точность преобразования.

С целью расширения диапазона в сторону преобразования малых сопротивлений на выходе операционного усилителя включен каскад на транзисторах *V1*, *V3* и *V2*, *V4* разного типа проводимости, обеспечивающий ток до 100 мА.

Источник тока двуполярный, т. е. на его вход может быть подано как положительное, так и отрицательное напряжения, соответственно меняется полярность и на выходе, что позволяет испытывать транзисторы структур *n—p—n* и *p—n—p*.

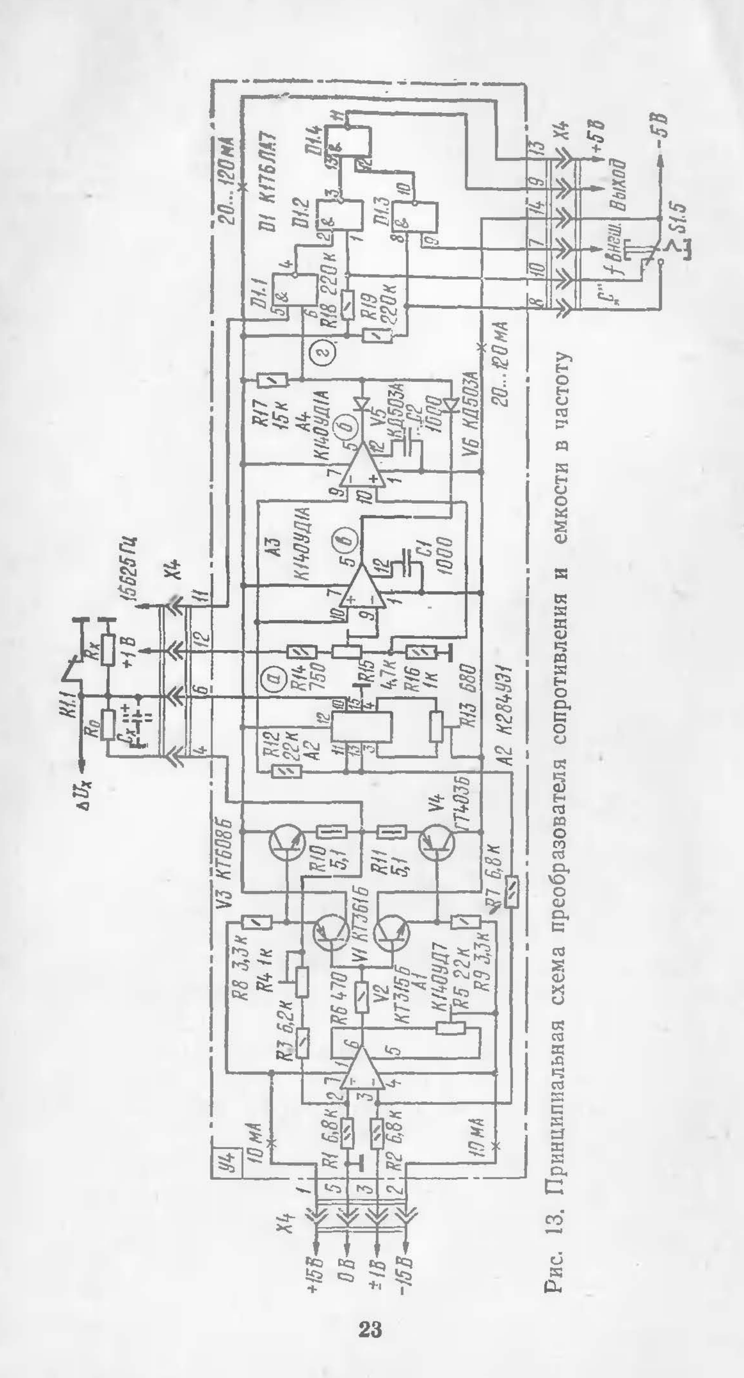


Рис. 13. Принципиальная схема преобразователя сопротивления и емкости в частоту

Диапазон преобразования сопротивлений расширяется изменением сопротивления образцового резистора R_0. Чтобы не шунтировать резистор R_x сравнительно низким входным сопротивлением источника тока, между ними применен истоковый повторитель, выполненный на микросхеме *A2*. По этой же причине измеряемое падение напряжения U_x на преобразуемом резисторе подается сначала на входное устройство, имеющее высокое входное сопротивление, а затем уже на преобразователь напряжение-частота.

Обмотка реле *K1* включена в коллекторную цепь транзистора *V22* (блок *У2*), который открыт в течение измерительного интервала, таким образом на время преобразования контакты реле разомкнуты.

Преобразование емкости во временной интервал основано на заряде конденсатора C_x стабилизированным током. Постоянство тока обеспечивает линейность нарастания напряжения на конденсаторе, причем время, требуемое для увеличения напряжения до заданного значения, прямо пропорционально преобразуемой емкости.

Техническая характеристика преобразователя емкости: сопротивление образцовых резисторов 10 000, 1000, 100 кОм и 10 000, 1000, 100 Ом; верхние пределы измерения емкости 10, 100, 1000 нФ и 10, 100, 1000 мкФ; сила тока заряда 0,1, 1, 10 мкА и 0,1, 1, 10 мА; погрешность измерения 0,2%.

Источником тока служит устройство на операционном усилителе *A1*, описание которого дано выше. Истоковый повторитель на *A2* выполняет ту же функцию — разделяет измеряемый конденсатор от низких входных сопротивлений последующих каскадов.

Основу преобразователя составляет сравнивающее устройство, выполненное на операционных усилителях *A3, A4* и диодах *V5, V6*.

С помощью делителя на резисторах *R14—R16* на инвертирующем входе *9* микросхемы *A3* и неинвертирующем входе *10* микросхемы *A4* задаются пороговые напряжения. На два других входа усилителей через резистор *R12* подается напряжение с измеряемого конденсатора.

Когда напряжение на неинвертирующем входе *10* микросхемы *A4* превысит значение заданного порога, выходное напряжение *A4* скачком возрастет (рис. 14). По истечении некоторого времени, длительность которого

пропорциональна преобразуемой емкости, напряжение на выходе *A3* скачком падает.

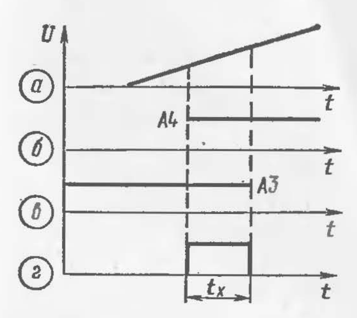


Рис. 14. Временные диаграммы, поясняющие работу преобразователя емкости в частоту

Совпадение положительных напряжений на выходах усилителей обнаруживается диодами *V5* и *V6*. В течение этого интервала открыта схема пропускания *D1.1*, на второй вход которой подается опорная частота 15 625 Гц. Так производится преобразование временно́го интервала в частоту.

На элементах *D1.2—D1.4* выполнен электронный ключ, который в зависимости от положения переключателя *S1.5* либо пропускает на выход внешнюю частоту, либо (при нажатом переключателе в режиме измерения «С») частоту, соответствующую емкости конденсатора.

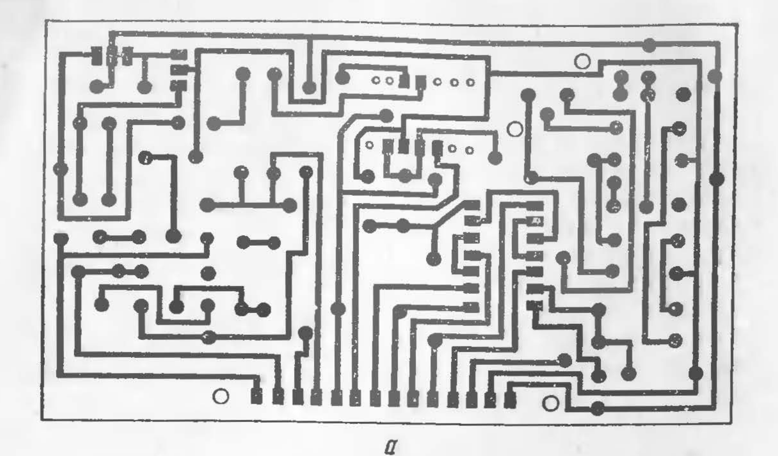
Порог переключения микросхемы *A4* всегда превышает 0,15 В. Это предотвращает случайный запуск при размыкании контактов реле *K1*. Размыкание контактов производится автоматически, синхронно с работой счетчика, так что заряд конденсатора происходит только в течение измерительного интервала. В остальное время (индикации и сброса) контакты *K1.1* замкнуты, измеряемый конденсатор разряжен.

Резисторы *R1, R2, R3, R7, R12, R14, R16* типа С2—29В, *R4, R5, R13* — СП3-1б, *R15* — СП5-2, *R10, R11* — МОН, остальные МЛТ.

Печатный монтаж и расположение деталей блока *У4* показаны на рис. 15.

Настройку источника тока начинают с балансировки усилителей *A1* и *A2*, для чего предварительно соединяют вывод *3* с общим проводом, к выводам *4* и *6* микросхемы *A1* подключают образцовый резистор $R_0 = 10$ кОм. С помощью резистора *R13* в первую очередь устанавливают нулевое выходное напряжение на выводах *11* и *13* истокового повторителя *A2*, а резистором *R5* — на выводе *4* разъема *X4*.

Затем подают на вывод *3* разъема *X4* образцовое напряжение +1 В. Вращением движка резистора *R4*



а

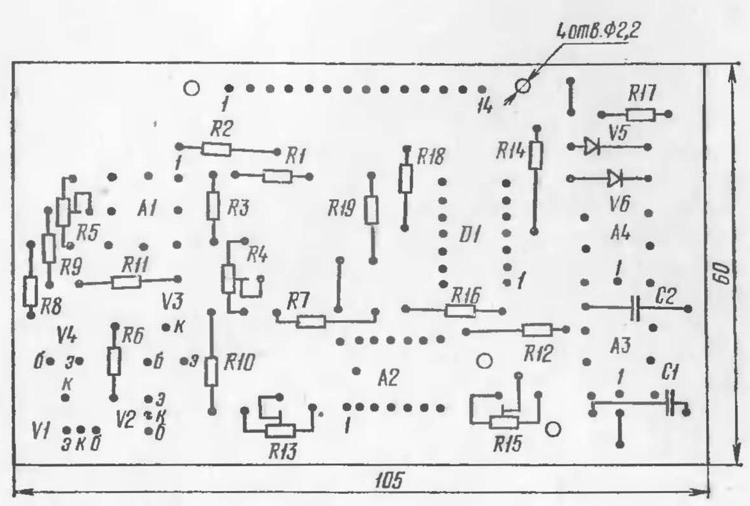


Рис. 15. Плата блока У4:

а — печатный монтаж; *б* — расположение деталей

добиваются равенства напряжений на выводах *3* и *4* этого разъема. Подключают вместо R_x ряд резисторов от 10 кОм до 20 Ом. Сравнивают сопротивления резисторов, предварительно измеренные с точностью до трех

знаков, с показаниями счетчика. При этом возможно потребуется уточнить положение движка резистора *R4*.

Далее настраивают преобразователь емкости, для чего соединяют выводы *12* и *3* разъема *X4*, вывод *11* с выводом *12* разъема *X1* преобразователя напряжение-частота, вывод *9* разъема *X4* со входом счетчика. Устанавливают переключатель *S1.5* в режим измерения емкости. Вместо резистора R_x подключают конденсатор емкостью около 10 мкФ, предварительно измеренной до трех знаков; если конденсатор электролитический, то необходимо соблюдать полярность.

С помощью резистора *R15* выравнивают показания счетчика со значениями известной емкости. На этом настройку узла можно считать законченной.

Окончательная настройка прибора производится после полного его изготовления.

АВТОЛЮБИТЕЛЯМ

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ

А. Синельников

Электромеханические и электронные регуляторы напряжения, применяемые на автомобилях, имеют весьма существенный недостаток, заключающийся в том, что они поддерживают напряжение в заданных пределах только на зажимах регулятора. Поэтому, несмотря на исправность регулятора, напряжение в бортовой сети автомобиля может значительно превышать заданную величину.

Поясним, почему это происходит.

На рис. 1 показана стандартная схема подключения регулятора напряжения на автомобиле, где *GB* — аккумулятор; *PH* — регулятор напряжения; *OB* — обмотка возбуждения генератора; *R* — резистор, сопротивление которого равно сумме переходных сопротивлений контактов в выключателе зажи-

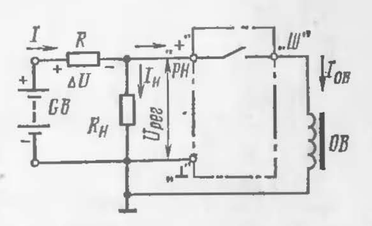


Рис. 1. Стандартная схема подключения регулятора к электрооборудованию автомобиля

гания, держателя предохранителя, соединительных проводов и других элементов цепи между аккумулятором и регулятором; $R_н$ — нагрузка, создаваемая катушкой зажигания и прерывателем указателей поворота; $I_н$ — суммарный ток катушки зажигания и прерывателя указателей поворота; $I_{ов}$ — ток обмотки возбуждения генератора; I — суммарный ток в цепи питания регулятора.

Как видно из рис. 1, через резистор R протекает ток I, являющийся суммарным током обмотки возбуждения, катушки зажигания и прерывателя указателей поворота. Сила этого тока обычно равна 5—6 А. Допустим, что регулятор является идеальным и напряжение на его зажимах поддерживается в точности равным 14 В. Однако, как следует из рис. 1, напряжение на аккумуляторе GB будет всегда больше этого напряжения на величину ΔU — падения напряжения на резисторе R.

Допустим, что сопротивление резистора R равно 0,2 Ом. Тогда при силе тока $I = 5$ А падение напряжения на нем составит:

$$\Delta U = RI = 0{,}2 \times 5 = 1{,}0 \text{ В},$$

и напряжение на аккумуляторе будет равно:

$$E = U_{рег} + \Delta U = 14 + 1{,}0 = 15 \text{ В}.$$

Таким образом, напряжение в бортовой электросети автомобиля будет отличаться от напряжения на зажимах регулятора на величину падения напряжения на сопротивлении цепи между регулятором и аккумулятором. Обычно в исправном автомобиле это сопротивление не превышает 0,05—0,10 Ом. Однако в процессе эксплуатации, вследствие окисления и обгорания контактов в выключателе зажигания, ослабления пружин держателя предохранителя и других факторов, оно может возрасти до 0,2—0,3 Ом. Это вызовет повышение напряжения в бортовой сети на 1—1,5 В. Следует иметь в виду, что повышение напряжения в бортовой электросети всего на 10—12% относительно оптимального сокращает срок службы аккумулятора и ламп в 2—2,5 раза.

Описываемый регулятор свободен от указанного недостатка. Особенностью его является наличие специального вывода, подключаемого непосредственно к аккумулятору, что устраняет влияние переходных сопротивлений и нагрузок в силовой цепи регулятора.

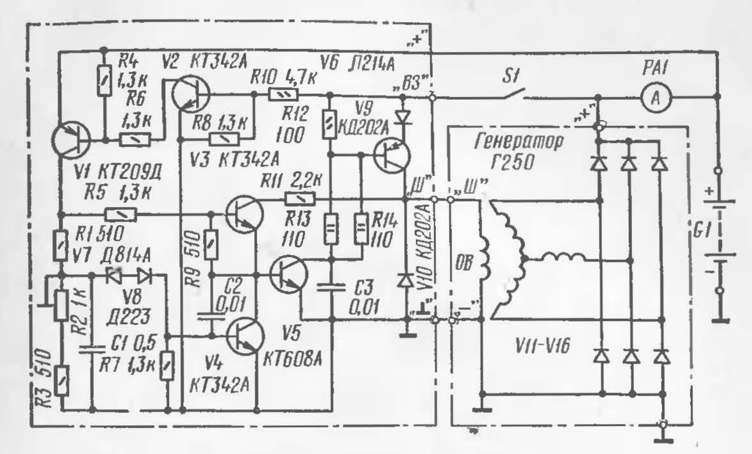


Рис. 2. Принципиальная схема регулятора

Регулятор РН-3 предназначен для работы с генератором переменного тока типа Г250, устанавливаемым, в частности, на автомобилях «Москвич». По установочным и подсоединительным размерам регулятор РН-3 взаимозаменяем со стандартным реле-регулятором РР 362. Подключение регулятора на автомобиле производится в соответствии со схемой, приведенной на рис. 2.

Регулятор РН-3 может быть применен и на автомобилях других типов, оборудованных генераторами переменного тока, если сила тока обмотки возбуждения не превышает 3,2 А.

Уровень регулируемого напряжения при совместной работе регулятора с генератором и аккумулятором при температуре $+25 \pm 10°$ С, частоте вращения ротора генератора 3000 ± 150 об/мин и силе тока нагрузки $14 \pm \pm 1$ А находится в пределах 13,9—14,1 В.

При изменениях температуры окружающего воздуха от —20 до +65° С, частоты вращения ротора генератора от 2500 до 10 500 об/мин и силы тока нагрузки от минимального значения до 28 А уровень регулируемого напряжения находится в пределах 13,8—14,2 В.

Падение напряжения внутри регулятора между клеммами «ВЗ» и «Ш» при токе возбуждения 2,5 А и напряжении 12,5 В в холодном состоянии регулятора при

температуре окружающего воздуха $+25 \pm 10°$ С не превышает 1,8 В.

Ток, потребляемый регулятором при отключенной клемме «*В3*», не более 0,5 мА, а ток через обмотку возбуждения генератора при отключенном выводе «+» регулятора — не более 2,5 мА.

Габариты регулятора РН-3 $94 \times 100 \times 63$ мм, масса 360 г.

Регулятор состоит из измерительного порогового устройства с фильтром нижних частот на стабилитроне *V7*, диоде *V8*, резисторах *R1—R3* и конденсаторе *C1*; усилителя постоянного тока на транзисторах *V4—V6*, нагрузкой которого является обмотка возбуждения генератора, и ключевого устройства на транзисторах *V1—V3*.

Транзисторный ключ *V1* служит для отключения измерительного устройства от аккумулятора при выключении зажигания.

Транзисторный ключ *V3* разрывает цепь положительной обратной связи усилителя постоянного тока при обрыве вывода «+» регулятора при включенном зажигании. В этом случае транзисторы *V5, V6* закрываются и обесточивается обмотка возбуждения *OB*, что устраняет возможность возникновения аварийной ситуации в системе при случайном обрыве вывода «+» регулятора.

Транзистор *V2* обеспечивает развязку измерительной и силовой цепей регулятора.

Регулятор работает следующим образом. Когда выключатель зажигания *S1* разомкнут, транзистор *V2* закрыт. Следовательно, транзисторы *V1* и *V3* тоже закрыты, так как первый из них открывается током коллектора транзистора *V2*, а второй — током коллектора транзистора *V1*. По цепи вывода «+» регулятора при этом протекает начальный ток запертого транзистора *V1*, не превышающий 0,5 мА.

При включении зажигания выключателем *S1* на зажим регулятора «*В3*» подается полное напряжение питания. Транзисторы *V1, V2, V3* открываются.

Через открытый транзистор *V1* измерительное пороговое устройство и резистор *R5* подключаются к плюсовому выводу аккумулятора, а через транзистор *V3* создается цепь положительной обратной связи.

До тех пор пока напряжение на зажимах аккумулятора (напряжение, развиваемое генератором) меньше

заданного, стабилитрон *V7* и транзистор *V4* закрыты, а транзисторы *V5, V6* открыты. Обмотка возбуждения *OB* генератора через выключатель зажигания *S1*, диод *V9* и переход эмиттер-коллектор открытого транзистора *V6* подключена к плюсовому выводу аккумулятора *G1* и генератор получает полное возбуждение. Вследствие этого напряжение, развиваемое генератором, увеличивается по мере увеличения частоты вращения его ротора или уменьшения тока нагрузки. Когда напряжение генератора достигает заданного уровня, определяемого коэффициентом деления делителя на резисторах *R1—R3*, прямым падением напряжения в диоде *V8* и напряжением стабилизации стабилитрона *V7*, транзистор *V4* открывается. Его переход коллектор-эмиттер шунтирует базу транзистора *V5*, вследствие чего транзисторы *V5* и *V6* закрываются. Обмотка возбуждения генератора отключается от источника питания, полярность напряжений на ней изменяется, диод *V10* открывается, и ток обмотки возбуждения начинает убывать, протекая через диод *V10*. Напряжение, развиваемое генератором, уменьшается. Когда ее величина становится меньше заданной, стабилитрон *V7* и транзистор *V4* снова закрываются, а транзисторы *V5, V6* открываются, подключая обмотку возбуждения к источнику питания. Ток в обмотке возбуждения начинает увеличиваться и напряжение, развиваемое генератором, возрастает. Стабилитрон *V7* и транзистор *V4* опять открываются, и все повторяется сначала. Переключение транзисторов регулятора происходит с частотой 35—45 Гц, и напряжение в бортовой сети пульсирует около заданного значения с этой частотой и амплитудой около 0,1 В.

При изменении частоты вращения ротора генератора или изменении силы тока нагрузки изменяется частота и скважность переключения транзисторов регулятора таким образом, что напряжение, развиваемое генератором, остается практически постоянным.

Конденсатор *C1* и резистор *R1* образуют фильтр нижних частот, который сглаживает пульсации напряжения генератора и тем самым предотвращает переключение транзисторов регулятора с частотой пульсации генератора (до 5000 Гц). В последнем случае мощность, рассеиваемая в силовом транзисторе *V6*, сильно бы возрастала

Диод *V9* служит для надежного закрывания транзистора *V6*, когда транзистор *V5* тоже закрыт.

Диод *V8* обеспечивает компенсацию температурных изменений напряжения стабилизации стабилитрона *V7*.

Конденсаторы *C2*, *C3* устраняют самовозбуждение усилителя постоянного тока.

Положительная обратная связь осуществляется через резистор *R11* и открытый переход коллектор-эмиттер транзистора *V3* с коллектора транзистора *V6* на базу транзистора *V5*. Когда транзистор *V4* начинает закрываться, транзисторы *V5* и *V6* открываются. Напряжение на коллекторе транзистора *V6* становится положительным, и ток через резистор *R11* и базу транзистора *V5* ускоряет процесс открывания транзисторов *V5* и *V6*. Сопротивление резистора *R5* в это время как бы уменьшается: параллельно ему подключается резистор *R11*.

При открывании транзистора *V4* транзисторы *V5* и *V6* начинают закрываться. Напряжение на коллекторе транзистора *V6* и ток базы транзистора *V5* через резистор *R11* уменьшаются, что ускоряет процесс закрывания транзисторов *V5* и *V6*.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРЕРЫВАТЕЛИ УКАЗАТЕЛЯ ПОВОРОТОВ

В. Федоров

Основным прибором в системе электрических указателей поворотов мигающего типа, устанавливаемых на механических транспортных средствах, является прерыватель, периодически включающий сигнальные лампы бортовых фонарей указателей поворота. Прерыватель применяется также в сигнальном мигающем фонаре аварийной остановки, в сигнальной лампе отмашки на судах малого флота, в системах автоматического регулирования и т. д.

Большинство выпускаемых в настоящее время транспортных средств оборудовано термоэлектромагнитными прерывателями, которые имеют низкую надежность из-за наличия в них сильно разогревающейся нити и подвижных контактов. На смену термоэлектромагнитным приходят более надежные и эффективные электронные бесконтактные прерыватели.

В журналах «Радио», «За рулем» и др. неоднократно приводились различные конструкции электронных прерывателей. Как правило, они содержат импульсный генератор (обычно мультивибратор), служащий датчиком отсчета времени, и транзисторный или тринисторный электронный токовый ключ, управляющий цепью сигнальных ламп бортовых фонарей. В некоторых конструкциях вместо электронного ключа используется электромагнитное реле.

Использование в электронных прерывателях мультивибратора и управляемого им исполнительного элемента (ключа) обеспечивает независимость частоты переключения от нагрузки. Такие прерыватели предпочтительны по сравнению с теми, в которых нагрузка является элементом релаксатора, так как в процессе эксплуатации никаких регулировок не требуют.

Вместе с тем, как показывает практика, электронные прерыватели также обладают рядом недостатков. Как уже отмечалось, в качестве управляющего элемента прерывателя обычно используется мультивибратор, который очень чувствителен к различного рода помехам. Помехи, приводящие к неустойчивой работе прерывателя, могут появляться вследствие неисправностей искрогасительных конденсаторов и подавительных сопротивлений, включаемых последовательно со свечами зажигания, загрязнения коллектора генератора, эрозии контактов электромагнитных реле и т. д. Для питания указателя поворотов с электронным прерывателем на транспортных средствах, оборудованных генераторами переменного тока, приходится применять сглаживающий фильтр или стабилизатор напряжения. При большой мощности сигнальных ламп сглаживающие фильтры и стабилизаторы становятся довольно громоздкими. Значительного снижения габаритов можно достичь в том случае, если хорошо отфильтрованным или стабилизированным напряжением питать только импульсный генератор, а сигнальные лампы подключать через исполнительный элемент прерывателя непосредственно к выпрямителю без использования сглаживающего фильтра.

Некоторые конструкции прерывателей требуют применения специального сдвоенного переключателя, который одновременно с включением сигнальных ламп вклю-

чает и мультивибратор («Радио», 1967, № 8, 1969, № 6, 1972, № 8) или изоляции от корпуса патронов сигнальных ламп («Радио», 1969, № 6). Ясно, что упомянутые конструкции не позволяют осуществить непосредственную замену наиболее распространенных в настоящее время термоэлектромагнитных прерывателей без дополнительных переделок схемы электрооборудования. Иногда с целью исключения сдвоенного переключателя мультивибратор подключают к источнику питания постоянно. В этом случае мультивибратор работает все время, пока включено зажигание, а коммутация сигнальных ламп осуществляется с помощью обычного простейшего переключателя. Однако непрерывная работа мультивибратора приводит к более сильному нагреву элементов и, следовательно, требует применения более надежных деталей, а в случае использования в качестве исполнительного элемента электромагнитного реле — к преждевременному механическому износу подвижных деталей и неприятным щелчкам от срабатывания реле, даже при выключенном указателе поворотов.

При замене термоэлектромагнитных прерывателей, через контакты которых проходит как управляющий ток, так и ток сигнальных ламп, наиболее пригодна двухточечная схема подключения, не требующая специального сдвоенного переключателя и изменений в электрической схеме транспортного средства.

Конструкция прерывателя, подключаемого в двух точках, была описана в статье «Электронные реле указателя поворотов» («Радио», 1973, № 6) в разделе «...универсальное бесконтактное». Однако частота переключения этого прерывателя существенно зависит от мощности сигнальных ламп. Кроме того, он также чувствителен к различного рода помехам. При питании сигнальных ламп от генератора переменного тока необходимо дополнительно собрать выпрямитель со сглаживающим фильтром.

Ниже приводятся схемы и описания работы прерывателей, свободных от перечисленных недостатков. Двухточечное подключение прерывателя достигается тем, что в предлагаемых схемах мультивибратор и электронный ключ (контакты исполнительного элемента) соединены параллельно. Параллельная работа мультивибратора и электронного ключа обеспечивается за счет подключения

выводов питания мультивибратора к дополнительному накопительному конденсатору, который соединен с выходными контактами электронного ключа при помощи коммутирующего диода. Коммутирующий диод предотвращает разряд конденсатора через открытый электронный ключ.

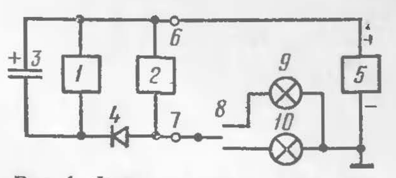


Рис. 1. Функциональная схема прерывателя

На рис. 1 представлена функциональная схема прерывателя, который работает следующим образом. При замыкании одного из контактов переключателя *8* конденсатор *3* заряжается от источника питания через диод *4*. Напряжение на конденсаторе *3* служит для питания импульсного генератора *1*, управляющего электронным ключом *2*. Когда электронный ключ открыт, горят лампы *9* и *10*, но ток через закрытый диод *4* не проходит, и конденсатор *3* разряжается на работающий генератор. Когда электронный ключ закрыт, лампы не горят, диод *4* открывается и конденсатор *3* снова заряжается. Кроме того, конденсатор *3* выполняет роль сглаживающего фильтра в цепи импульсного генератора и обеспечивает надежную работу прерывателя при пульсациях питающего напряжения, в том числе и при питании от источника переменного тока без сглаживающего фильтра.

Подключение прерывателя осуществляется с помощью только двух зажимов *6* и *7* непосредственно в разрыв цепи сигнальных ламп, поэтому для включения указателя поворота может использоваться простейший однополюсный переключатель, применяемый в настоящее время с термоэлектромагнитными прерывателями. Полярность питающего напряжения должна соответствовать указанной на схеме. При обратной полярности источника питания зажимы *6* и *7* меняются местами.

Принципиальная схема прерывателя приведена на рис. 2, *а*. Мультивибратор собран на транзисторах *V1* и *V2*, электронный ключ — на транзисторах *V3* и *V4*.

Основное отличие от известных схем прерывателей заключается в том, что здесь установлены диод *V5* и конденсатор *C1*, обеспечивающие двухточечную схему

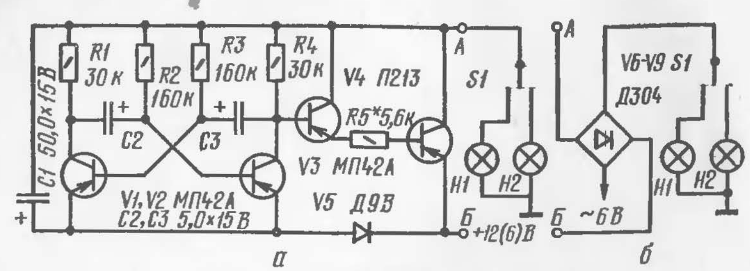


Рис. 2. Прерыватель указателей поворотов: *а* — принципиальная схема; *б* — схема включения через выпрямитель

включения прерывателя и улучшающие устойчивость работы мультивибратора.

Работа прерывателя ясна из описания функциональной схемы.

В прерывателе могут быть использованы транзисторы МП39—МП42 *(V1—V3)*, П213—П217 *(V4)* с любыми буквенными индексами и коэффициентами усиления. Резисторы МЛТ, конденсаторы К50-6, диод *V5* — Д9В или ему подобный.

При напряжении бортовой сети 12 (6) В мощность сигнальных ламп в одном плече может достигать 25 (12) Вт с транзисторами П213—П215 и 40 (20) Вт с транзисторами П216, П217. Налаживание устройства сводится к подбору резистора *R5*.

При питании сигнальных ламп от источника переменного тока прерыватель включается в разрыв цепи через выпрямитель, как показано на рис. 2, *б*. Прерыватель с выпрямительным мостом можно использовать и при питании от источника постоянного тока. В этом случае отпадает необходимость соблюдения полярности включения прерывателя в цепь сигнальных ламп, но ток через лампы уменьшится из-за дополнительных потерь на диодах выпрямительного моста.

На рис. 3 изображена видоизмененная схема прерывателя ИЖ РП-1С, применяемого на мотоциклах «Планета-3» и «Юпитер-3».

Штриховыми линиями показаны цепи до внесения изменений, а утолщенными — после переделки. Дополнительно введен диод *V5* (Д9В), а емкость конденсатора *C3* увеличена с 20 до 200 мкФ. Внесенные изменения

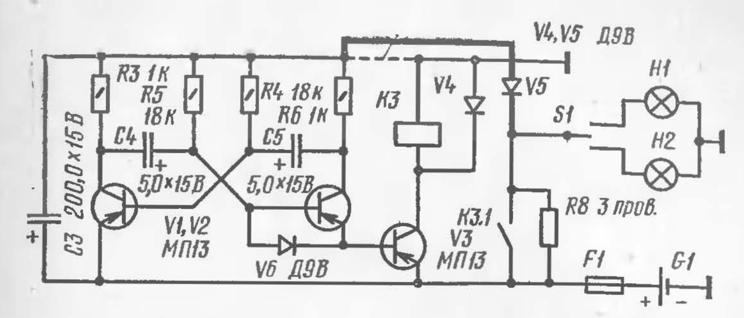


Рис. 3. Вариант схемы прерывателя для мотоциклов «Планета-3» и «Юпитер-3»

позволяют устранить беспрерывную работу электромагнитного реле *К3*, вследствие чего уменьшается механический износ подвижных деталей реле и прекращаются его непрерывные «пощелкивания». Частота переключения сигнальных ламп практически не меняется.

В системе электрооборудования с генератором переменного тока в качестве электронного ключа лучше всего подходят тринисторные переключатели переменного тока. Схема прерывателя с тринисторным переключателем приведена на рис. 4. Прерыватель содержит мультивибратор на транзисторах *V1* и *V2*, переключатель переменного тока на тринисторах *V8* и *V9*, инверторы на транзисторах *V3* и *V4*, конденсатор *C2* и ключ на диоде *V5*, выполняющий одновременно роль выпрямителя.

Когда транзистор *V1* открыт, а транзистор *V2* закрыт, транзисторы *V3* и *V4* открываются и подключают через диоды *V6* и *V7* управляющие электроды тринисто-

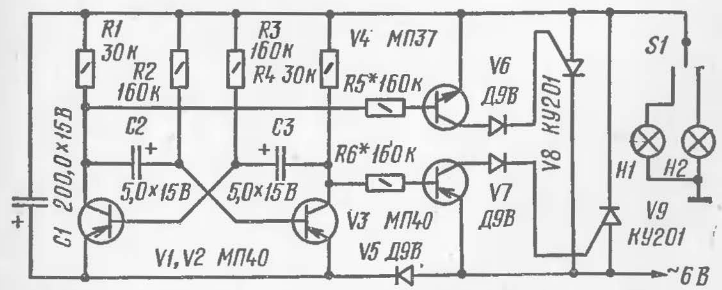
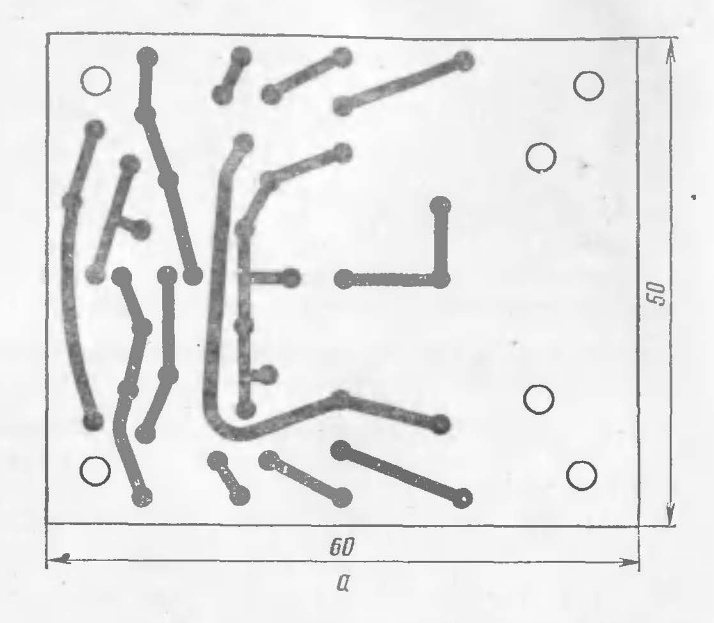


Рис. 4. Схема прерывателя с тринисторным переключателем



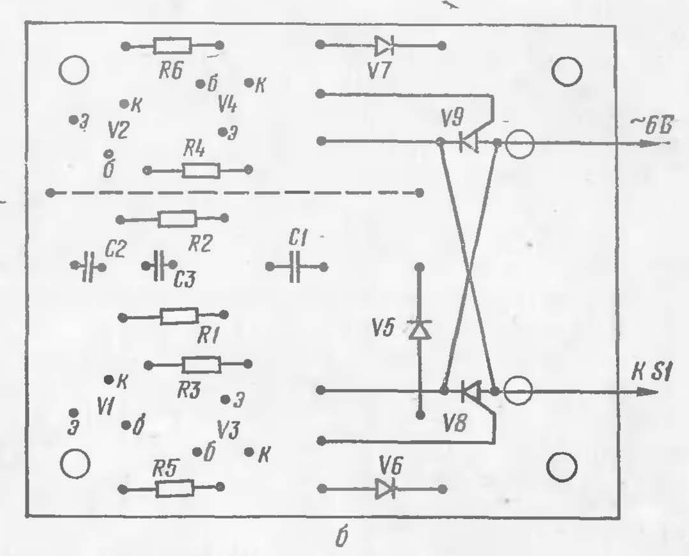


Рис. 5. Плата прерывателя:
а — печатный монтаж; *б* — расположение деталей

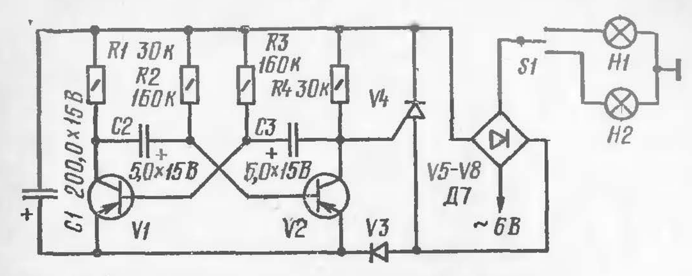


Рис. 6. Схема прерывателя на одном тринисторе

ров *V8* и *V9* к анодам. Тринисторы открываются поочередно при каждой смене полярности питающего напряжения. Сигнальные лампы при этом горят. Когда транзистор *V1* закрыт, а транзистор *V2* открыт, транзисторы *V3* и *V4* закрываются, управляющие электроды тринисторов *V8* и *V9* отключаются от анодов, и тринисторы при очередной смене полярности питающего напряжения выключаются. Сигнальные лампы при этом гаснут. Конденсатор *C1* вновь заряжается от источника питания через сигнальные лампы и диод *V5*. Диоды *V6* и *V7* защищают управляющие переходы тринисторов и транзисторы *V3* и *V4* от обратного напряжения.

Все детали прерывателя установлены на плате размерами 50 × 60 мм. Расположение деталей и проводников на монтажной плате показано на рис. 5.

В прерывателе могут быть использованы транзисторы МП39—МП42 (*V1—V3*), МП37, МП38 (*V4*) с любыми буквенными индексами, тринисторы КУ201, КУ202 (*V8, V9*). Резисторы МЛТ, конденсаторы К50-6, диоды *V5—V7* типа Д9В. Ток сигнальных ламп не должен превышать 4 А. Налаживание прерывателя сводится к подбору резисторов *R5* и *R6*.

Для придания прочности конструкции транзисторы и электролитические конденсаторы необходимо жестко закрепить на монтажной плате. Для этого берут кусочек поролона, пропитывают его клеем (БФ-2, эпоксидным и др.) и помещают между устанавливаемой деталью и монтажной платой. Пайку выводов деталей можно производить, не дожидаясь высыхания клея.

На рис. 6 приведена схема прерывателя на одном тринисторе. Тринистор включен в диагональ выпрями-

тельного моста. Ток через сигнальные лампы протекает только тогда, когда диагональ выпрямительного моста замкнута открытым тринистором.

Управление тринистором осуществляется от мультивибратора, собранного на транзисторах *V1* и *V2*. Когда транзистор *V2* открыт, на управляющий электрод тринистора подается положительное относительно катода напряжение, и тринистор открывается. При закрытом транзисторе *V2* тринистор тоже закрыт. Ток через диоды выпрямительного моста равен примерно половине тока, протекающего через тринистор. Недостатком этой схемы является повышенное падение напряжения на прерывателе, так как последовательно с тринистором включены еще два диода. Вследствие этого яркость свечения сигнальных ламп будет уменьшена. Для устранения указанного недостатка можно использовать сигнальные лампы, рассчитанные на напряжение меньшее, чем напряжение генератора.

Детали прерывателя аналогичны предыдущей схеме. Выпрямительный мост собирается на диодах типа Д7 с любыми буквенными индексами. Сила тока сигнальных ламп с указанными диодами не должна превышать 0,6 А. В случае применения более мощных диодов сила тока сигнальных ламп может быть увеличена до 2 А.

Приведенные схемы на тринисторах (см. рис. 4, 6) от источников постоянного тока работать не могут.

Для контроля включения указателя поворотов с описанными прерывателями могут быть использованы как световые, так и звуковые индикаторы. Их можно подключать как непосредственно к выводам прерывателя, так и параллельно сигнальным лампам. Предпочтительнее схема подключения индикаторов параллельно сигнальным лампам, так как в этом случае накопительный конденсатор, питающий мультивибратор, заряжается до напряжения источника питания. Кроме того, в этом случае не требуется изоляции от корпуса патрона индикаторной лампочки.

ЭЛЕКТРОНИКА В БЫТУ И В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

РЕЛЕ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ФОТОПЕЧАТИ

В. Черленевский

Реле времени, принципиальная схема которого приведена на рис. 1, обеспечивает получение стабильных интервалов времени в диапазоне от 0,5 до 100 с. Реле имеет 24 выдержки времени, которые индицируются двумя цифровыми газоразрядными лампами. Коэффициент приращения выдержки времени постоянный и выбран согласно рекомендации Г. Вехова в статье «Реле времени для фотопечати с одинаковым коэффициентом приращения выдержки» («Радио», 1978, № 6, с. 26) таким образом, что в каждом третьем положении переключателя выдержка увеличивается в два раза. Следовательно, в каждом последующем положении выдержка изменяется в $\sqrt[3]{2}$ раза (1,26 раза). Как показала практика использования реле в течение двух лет эксплуатации, такая световая шкала значительно облегчает получение фотоотпечатков хорошего и отличного качества при работе с негативами различной плотности и контрастности.

Отсутствие электромагнитных реле, коммутирующих цепь нагрузки, а также трансформатора и мощных резисторов облегчает тепловой режим, повышает надежность и долговечность реле.

Реле состоит из времязадающей, исполнительной и индикаторной частей, выпрямителя и стабилизатора напряжения.

Времязадающая часть выполнена на гибридном пороговом тринисторе КУ106В, представляющем собой однопереходный транзистор и низковольтный тринистор в одном корпусе. Времязадающая цепочка состоит из резисторов *R10—R33* и конденсатора *C1*. При замыкании контактов кнопки *S2* реле подготавливается к отсчету времени, происходит быстрый разряд конденсатора *C1* и снятие напряжения с тринистора, после чего он перестает проводить ток. При отпускании кнопки *S2* начинается заряд конденсатора *C1*, лампа *H3* оптрона гаснет, его фоторезистор *R8* увеличивает сопротивление, испол-

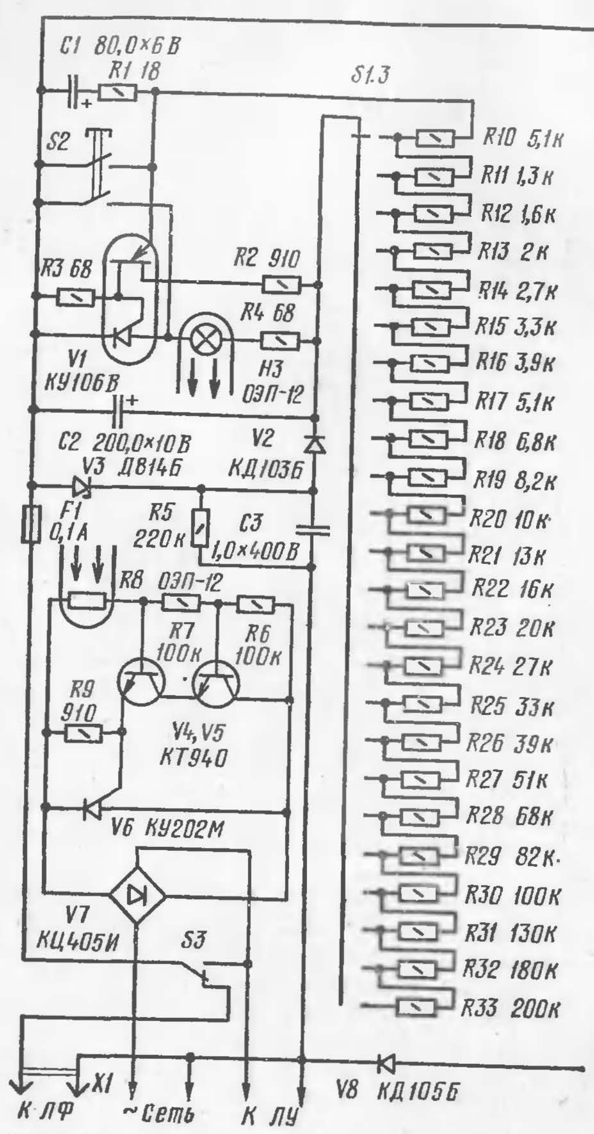
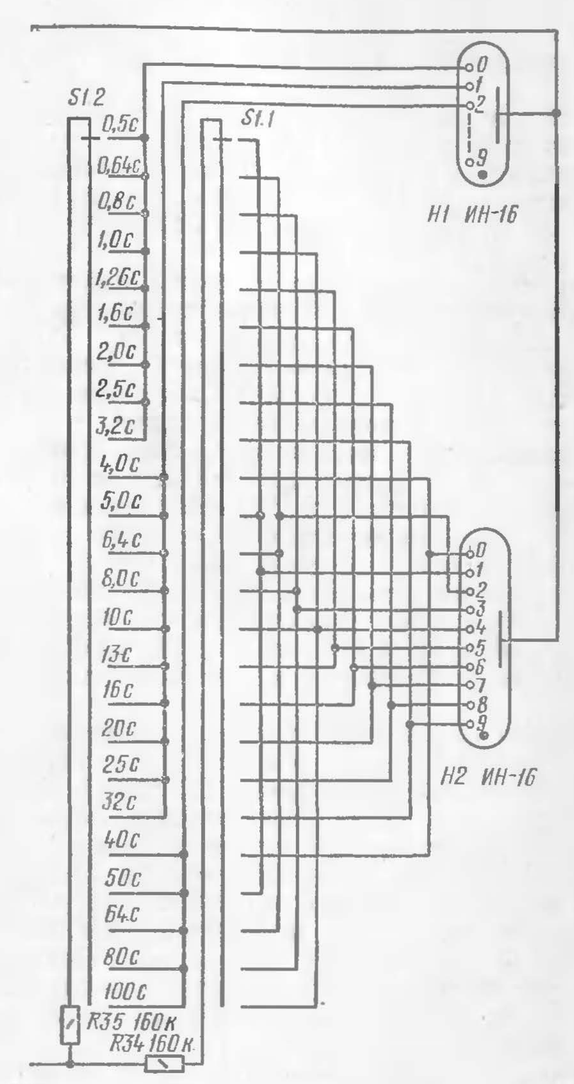


Рис. 1. Принципиальная схема реле времени



Продолжение рис. 1

нительное устройство, состоящее из транзисторов *V4, V5*, работающих в ключевом режиме, и тринистора *V6*, открывается, и через выпрямительный мост *V7* на нагрузку (лампу фотоувеличителя) поступает напряжение сети.

Транзисторы *V4* и *V5* служат для согласования цепи управляющего электрода тринистора *V6* с маломощным фоторезистором *R8* оптрона. Последовательное включение транзисторов *V4* и *V5* вызвано большим напряжением (до 340 В), приложенным в то время, когда они заперты.

При заряде конденсатора *C1* до порогового напряжения, при котором однопереходный транзистор *V1* открывается, отпирается тринистор *V1*, лампа оптрона *H3* загорается и освещает фоторезистор *R8*. Исполнительное устройство (*V4—V7*) перестает пропускать ток сети на нагрузку, лампа фотоувеличителя гаснет.

Точность отсчета интервалов времени зависит от точности номиналов деталей времязадающих цепей — конденсатора *C1* и резисторов *R10—R33*, значения величин которых соответствуют стандартному ряду номинальных значений 1-го класса точности (±5%). В изготовленном образце без специального подбора резисторов точность отсчета получилась ±10% от расчетных значений времени при стабильности показаний ±2%. Проверка производилась секундомером на всех временах выдержки свыше 1 с.

Питание времязадающей части осуществляется через выпрямительный диод *V2* и простейший стабилизатор на стабилитроне *V3*. Конденсатор *C2* сглаживает пульсации напряжения. Такая схема стабилизатора обеспечивает работу реле времени при напряжении сети от 120 до 250 В без увеличения погрешности отсчета (ниже 120 В наступало нечеткое выключение лампы увеличителя и наблюдалось неполное свечение цифровых ламп, выше 250 В устройство не проверялось). При необходимости работы от сети 127 В достаточно уменьшить сопротивление резисторов *R34* и *R35* до 100 кОм и *R5* — до 47 кОм.

Работа стабилизатора в широком диапазоне напряжений объясняется тем, что в момент заряда времязадающего конденсатора *C1* гибридный пороговый тринистор *V1* закрыт, и лампа оптрона погашена.

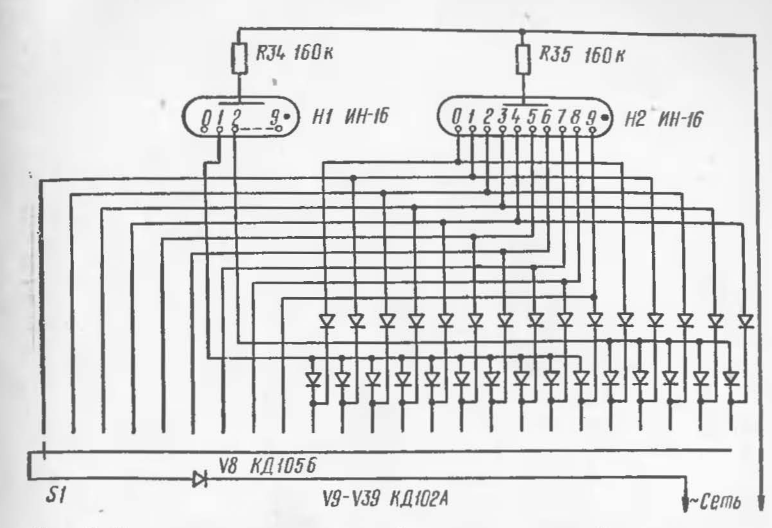


Рис. 2. Схема коммутации диодной матрицы на одной галете

Коммутация цифровых ламп *H1, H2* и времязадающих резисторов *R10—R33* осуществляется трехгалетным переключателем *S1*. При отсутствии переключателя на 24 положения можно сократить количество номеров света до 12, оставив наиболее часто используемые. При наличии только двухгалетного переключателя коммутацию двух цифровых ламп можно осуществить диодной матрицей на одной галете согласно схеме, приведенной на рис. 2. В крайнем случае можно остановиться на механическом указателе положения переключателя *S1* и обойтись одногалетным переключателем.

Вместо гибридного порогового тринистора *V1* можно использовать такой же с любым буквенным обозначением или заменить его однопереходным транзистором КТ117 (А, Б, В, Г) совместно с тринистором КУ101 (А, Б, Г, Е).

Однако возможно, что при некотором их сочетании потребуется изменение номиналов деталей времязадающей цепи. Транзисторы *V4, V5* могут быть заменены на КТ940Б или КТ605 (А, Б). Тринистор *V6* можно заменить на КУ202Н, выпрямительный мост *V7* — на КЦ405 (А, Б, В, Ж), КЦ402 (А, Б, Ж, И), на диоды Д226,

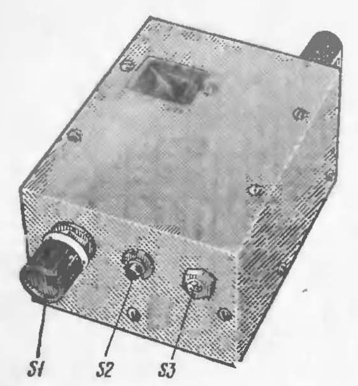


Рис. 3. Внешний вид реле времени

Д237Б, КД202 (Ж, К, М, Р). Оптрон ОЭП-1 — на ОЭП-2. Лампу ИН-16 — на ИН-14.

Конденсатор *C1* желательно применить типа К52-1, К52-2, К53-1. Кнопка *S2* — КМ2-1, все резисторы МЛТ-025. Конденсатор *C3* — МБГП или МБГЧ.

Выпрямительный мост *V7* на диодном блоке КЦ405И позволяет использовать в фотоувеличителе лампу мощностью до 120 Вт при напряжении сети 220 В и до 75 Вт при напряжении сети 127 В. В случае использования в качестве выпрямительного моста *V7* диодных блоков КЦ402 (А, Б, В) или КЦ405 (А, Б, В) мощность нагрузки может быть увеличена до 200 Вт при напряжении сети 220 В. При использовании диодов Д226, Д237Б мощность в нагрузке следует снизить до 60 Вт, что при фотопечати в большинстве случаев допустимо. При необходимости коммутации нагрузки мощностью до 0,5 кВт следует использовать в мосте *V7* диоды КД202 (Ж, К, М, Р) с небольшими радиаторами.

Элементы реле времени, кроме переключателей и индикаторных цифровых ламп, размещены на печатной плате размерами 115 × 85 мм, помещенной в кожух размерами 120 × 90 × 40 мм, выполненный из изоляционного материала (рис. 3).

Резисторы *R10—R33* распаяны на переключателе *S1*, укрепленном в кожухе совместно с индикаторными лампами *H1* и *H2*. На переднюю панель выведены ось переключателя *S1*, кнопка *S2* и тумблер *S3*, включающий лампу увеличителя для наведения на резкость и выбора кадра или красный фонарь. На задней стенке кожуха установлено гнездо *X1* для подключения красного фонаря и имеется отверстие для соединения проводов с фотоувеличителем. Сверху в кожухе сделано прямоугольное отверстие размерами 30 × 23 мм, прикрытое красным светофильтром, через который видны цифровые индикаторные лампы *H1* и *H2*. Кожух прикреплен шурупами в правом углу основания фотоувеличителя.

Монтаж собранного реле времени перед включением в сеть следует тщательно проверить, учитывая, что реле не изолировано от напряжения питающей сети. Ошибки в монтаже могут вывести из строя ряд элементов, привести к выгоранию печатных дорожек в монтажной плате. Все металлические части реле, выведенные наружу кожуха, должны быть тщательно изолированы от остального монтажа. После включения реле времени в сеть необходимо проверить правильность цифровой индикации во всех положениях переключателя *S1*.

Затем проверяют действие тумблера *S3*. Переключатель *S1* устанавливают на первый номер света. Лампа увеличителя должна загораться при отпускании кнопки *S2*.

Правильно собранное реле времени не требует регулировок, работает устойчиво и стабильно. Однако перед калибровкой интервалов времени следует проверить правильность режимов. Напряжение на конденсаторе *C2* должно быть около 7 В, а на выводах лампы оптрона *H3* при погашенной лампе увеличителя — около 4 В. Сразу после нажатия и отпускания кнопки *S2* напряжение на выводах лампы оптрона должно отсутствовать. После проверки режимов можно приступать к калибровке.

Калибровку легче производить с положения переключателя *S1* «14», используя секундомер или часы с секундной стрелкой. В этом положении интервал времени, измеренного секундомером, должен показать около 10 с. При необходимости получения более точного значения выдержки производят подбор конденсатора *C1*.

В остальных положениях переключателя *S1* калибровку производят подбором резисторов *R10—R33*.

ПРИСТАВКА ДЛЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ РАДИОСТАНЦИИ К АТС

Т. Бербичашвили

На промышленных предприятиях, в строительстве, сельском хозяйстве широко используется стационарная и подвижная УКВ радиосвязь. Отечественные и зарубежные радиостанции для внутрирайонной связи могут работать в дуплексном и одно- и двухчастотном симплекс-

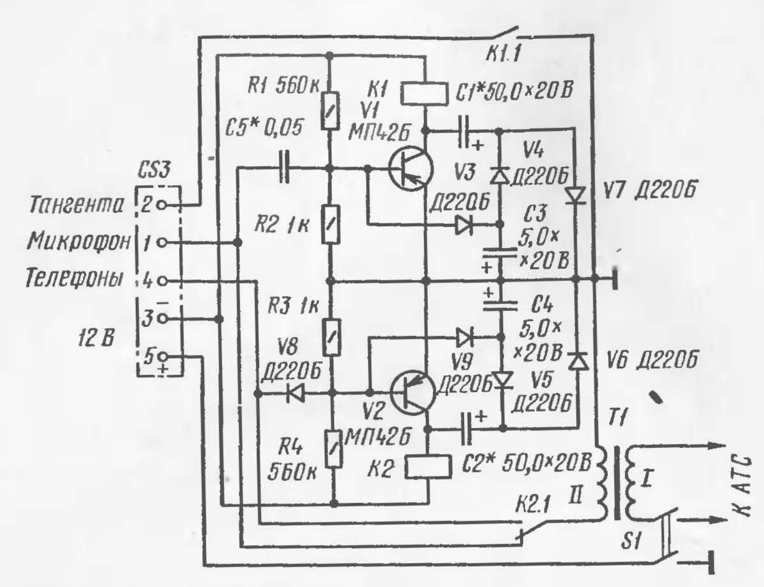


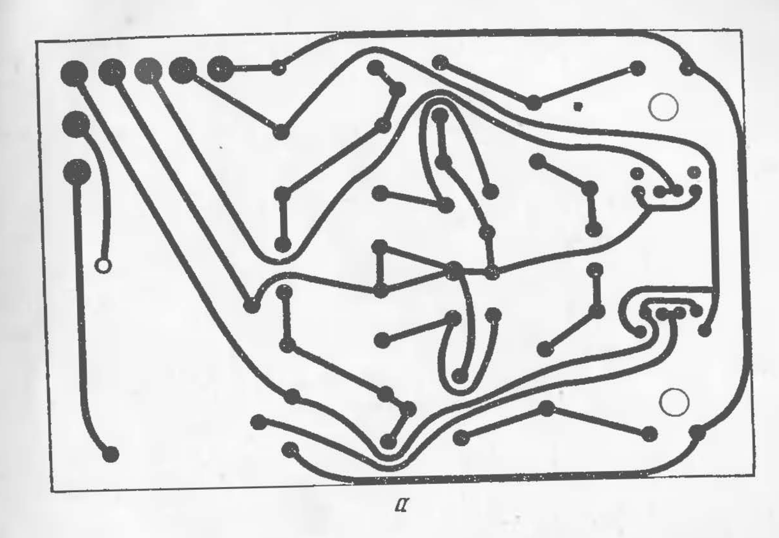
Рис. 1. Принципиальная схема приставки

ном режимах. Наиболее часто применяется одночастотный симплексный режим. Однако почти все УКВ радиостанции при связи в симплексном режиме не коммутируются на проводные каналы связи и поэтому не имеют выхода на телефонные сети.

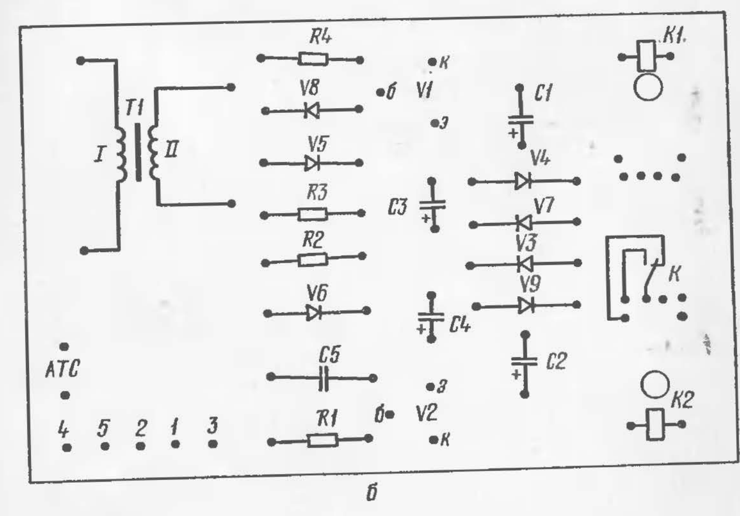
На одной из симплексных радиостанций типа «Гранит» предусмотрена коммутация на АТС и другие каналы связи. Однако существующие системы переключения «прием-передача», работающие от звуков голоса оператора, сложны и работают неустойчиво.

Предлагаемая приставка ПТС-С (приставка телефонной связи, симплексная) позволяет сопрягать радиоканалы любых типов радиостанций низовой УКВ связи с проводными средствами связи в одно- и двухчастотном симплексных режимах, сохраняя возможность автоматического переключения «прием-передача» от звуков голоса оператора.

Приставка проста, не требует налаживания и дополнительных переделок в радиоаппаратуре. Подключают приставку к микротелефонной трубке с тангентой на



а



б

Рис. 2. Плата приставки:
а — печатный монтаж; *б* — расположение деталей

центральном пульте оператора, который может вручную подключить абонента радиоканала на АТС.

Принципиальная схема приставки показана на рис. 1. Она состоит из двух усилителей постоянного тока: пер-

вый, на транзисторе *V1*, работает на передачу, а второй, на транзисторе *V2*,— на прием. Включение станции на передачу осуществляет реле *K1*, а на прием — реле *K2*. Для перехода с проводной линии на радиоканал используется малогабаритный линейный трансформатор *T1* с коэффициентом трансформации, равным 1. Электромагнитные реле *K1* и *K2* — «КАСО» РА 19002 или РС-2 на 12 В с силой тока срабатывания не более 30 мА. Транзисторы *V1* и *V2* желательно выбирать с большим коэффициентом усиления по току. Для уверенного срабатывания реле на передачу при слабых уровнях сигнала с АТС или линии связи можно увеличить число витков вторичной обмотки трансформатора *T1*. Регулировка времени переключения с приема на передачу и наоборот производится подбором конденсаторов *C1*—*C2* и *C3*—*C4*. Трансформатор *T1* собран на сердечнике Ш9 × 9 от выходного трансформатора транзисторного малогабаритного приемника. Первичная и вторичная обмотки содержат по 850 витков провода ПЭВ-1 0,09. Переключатель *S1* — тумблер ТВК-2.

Монтаж приставки выполнен на печатной плате размерами 9,5 × 6 см (рис. 2). Приставка испытывалась совместно с радиостанциями ФМ10-164 производства ВНР и в течение длительного срока отказов не наблюдалось. Приставка демонстрировалась в павильоне электрификации на ВДНХ СССР, и авторы разработки были удостоены серебряной и бронзовой медалей в 1977 году.

ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ С ЕМКОСТНЫМИ ДАТЧИКАМИ

Н. Дробинца

Емкость конденсатора зависит от диэлектрика, находящегося между его пластинами. Используя эту зависимость были сконструированы емкостные датчики для измерения неэлектрических величин (влажности различных материалов, уровней жидкости и сыпучих материалов, концентрации различных веществ в жидкостях и др.) электрическими методами.

Изменение емкости датчика можно определять двояким способом: либо измерением частоты генератора электрических колебаний, в котором емкость датчика

Рис. 1. Принципиальная схема измерителя с емкостным датчиком

служит частотнозависимым элементом, либо измерением тока в цепи датчика. Для увеличения чувствительности измерителя при небольших приращениях емкости датчика необходимо использовать генераторы с повышенными частотами и чувствительные измерительные приборы.

Принципиальная схема измерителя с емкостным датчиком приведена на рис. 1. Устройство состоит из задающего генератора, выполненного по схеме мультивибратора, измерительной цепи, калибратора и датчика. Мультивибратор собран на транзисторах *V1* и *V2*. Параллельно конденсатору *C3* подключен емкостной датчик *C1*. Для установки на коллекторах транзисторов *V1* и *V2* одинаковой длительности импульсов, при которой стрелка измерительного прибора не отклоняется, служит резистор *R4*.

Измерительная цепь содержит резисторы *R1, R8*, конденсаторы *C2, C7* и измерительный прибор *PA1*.

Увеличение емкости датчика *C1* приводит к увеличению длительности импульсов на коллекторе транзистора *V2*, что в свою очередь приводит к повышению напряже-

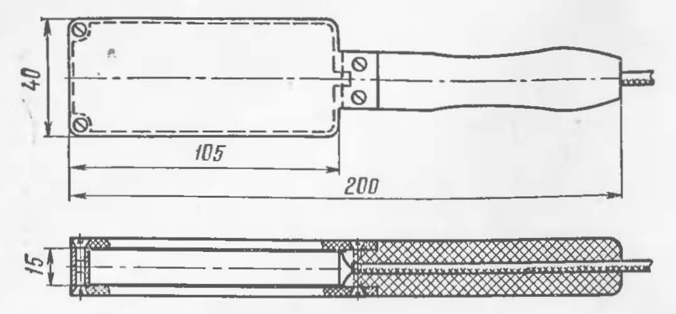


Рис. 2. Вариант конструкции емкостного датчика

ния на конденсаторе *C7*. В этом случае ток проходит через измерительный прибор в направлении от резистора *R8* к резистору *R1*. При уменьшении емкости датчика направление тока меняется.

Чтобы исключить влияние уменьшения напряжения питающей батареи на точность измерений, в приборе имеется калибратор. Он содержит регулятор напряжения на транзисторе *V3* и переменном резисторе *R9*, которым устанавливают стрелку измерительного прибора на последнее деление шкалы в режиме «Калибровка» (кнопка *S1* нажата). Транзистор *V3* включен по схеме эмиттерного повторителя и служит для усиления регулируемого тока.

На рис. 2 показан один из вариантов конструкции емкостного датчика для измерения влажности сыпучих материалов, например, зерна, муки, сахара, почвы и других веществ. Датчик состоит из двух пластин из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 2—2,5 мм. Слой фольги удален от краев пластин на 3 мм. Со стороны фольги на пластины наклеен стеклотекстолит толщиной 0,3—0,5 мм. С помощью двух крепежных металлических стоек пластины соединены между собой и с ручкой из изоляционного материала. К рабочим пластинам припаян двухжильный экранированный провод длиной около 1 м. Экран соединяют с корпусом устройства и надевают на него полихлорвинилхлоридную трубку. Емкость между проводами соединительного кабеля должна быть около 150 пФ.

Размеры пластин датчика (см. рис. 2) указаны для влагомера зерна. С помощью такого датчика влагомером

можно измерить влажность зерна до 40%. Емкость датчика (в зависимости от вида зерна) при максимальной влажности увеличивается на 20—40 пФ. Если испытуемый материал изменяет емкость датчика значительно меньше, необходимо использовать датчик с увеличенными размерами пластин или установить более чувствительный измерительный прибор. Для уменьшения погрешности измерений необходимо, чтобы плотность вещества между пластинами датчика соответствовала плотности, при которой был отградуирован измерительный прибор. Хорошие результаты получаются, если пластины датчика при измерении располагать вертикально при полном погружении в испытуемый материал.

Перед градуировкой необходимо установить «нуль» измерительного прибора и откалибровать его по напряжению.

Затем отвешивают на точных весах 2 кг измеряемого вещества с максимальной влажностью и помещают в него датчик. Нажав кнопку *S2*, устанавливают конденсатором *C6* стрелку измерительного прибора на последнее деление шкалы. После этого сушат вещество и в течение сушки взвешивают 10—15 раз и замеряют влажность в делениях шкалы. При измерении вещество следует охладить до температуры 20—25° С, так как нагретое вещество дает завышенное показание прибора. Закончить сушку необходимо в сушильном шкафу с вакуумным насосом. Сушку считают оконченной, если масса вещества не изменяется. Зная массу вещества при нулевой влажности, определяют влажность в процентах при каждом измерении, и строят график зависимости показаний прибора от влажности. Пользуясь графиком, градуируют шкалу или составляют таблицу показаний прибора в зависимости от влажности вещества.

Влагомер питается от гальванической батареи «Крона», ток потребления 10 мА.

Измеритель с емкостным датчиком можно собрать на маломощных высокочастотных кремниевых транзисторах, например, серии КТ315, КТ312, КТ306, транзисторной сборке К125НТ1. Статические коэффициенты передачи тока транзисторов h_{21} должны быть около 70. Конденсаторы пригодны с малым ТКЕ, например слюдяные, бумажные, пленочные. Измерительный прибор имеет шкалу на 100 мкА.

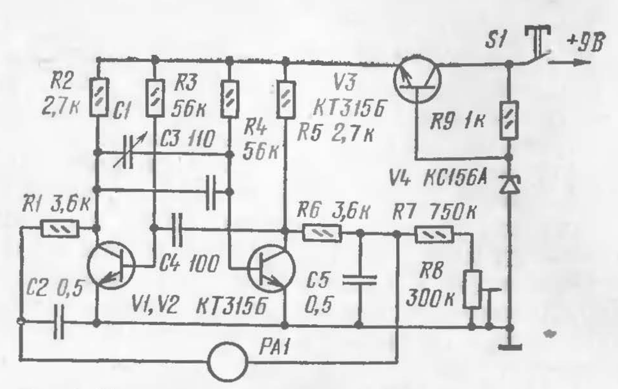


Рис. 3. Принципиальная схема измерителя с индикатором

При правильном монтаже и использовании исправных элементов налаживание устройства сводится к установке необходимой чувствительности и градуировке измерительного прибора. Погрешность измерений 2—3%.

Для уменьшения размеров влагомера, зависящих в основном от измерительного прибора, устройство можно собрать по схеме, изображенной на рис. 3. В этой конструкции вместо измерительного прибора устанавливают миниатюрный индикатор, используемый в транзисторных магнитофонах для установки уровня записи. Пластины датчика делают шириной 20—25 мм, длиной 200—250 мм, расстояние между пластинами 15 мм. При различных влажностях вещества для получения одинаковой емкости датчика необходимо пластины погружать на различную глубину. Чем больше влажность вещества, тем на меньшую глубину необходимо погрузить пластины, чтобы стрелка индикатора устанавливалась на одну и ту же отметку на шкале. Исходя из этого, на лицевой пластине датчика размечают шкалу (или несколько шкал) влажности вещества. Контроль допустимого падения напряжения на батарее питания осуществляют с помощью другой метки на шкале индикатора, расположенной ближе к нулевому положению стрелки. На эту метку устанавливают стрелку индикатора переменным резистором *R8* при нажатой кнопке *S1* и непогру-

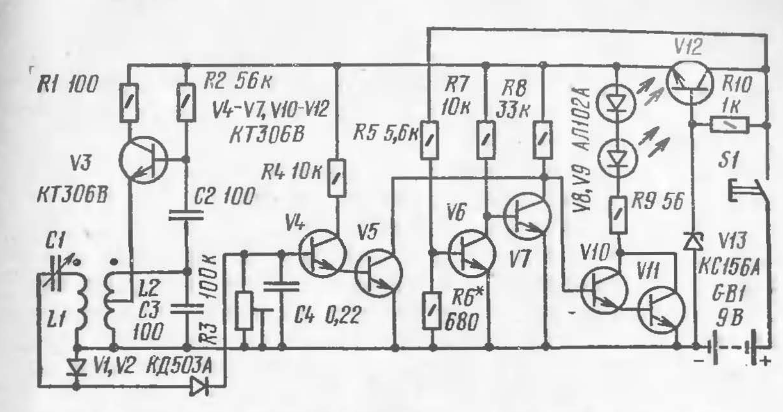


Рис. 4. Принципиальная схема измерителя с индикацией на светодиоде

женных пластинах датчика. В пустотелой ручке измерителя, которую можно изготовить из фольгированного стеклотекстолита, располагают все элементы устройства.

Для измерителя пригоден индикатор на 100 мкА. Транзисторы со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ около 70. Ток потребления устройством не превышает 10 мА, что позволяет использовать для питания батарею «Крона».

Измеритель, собранный по схеме, изображенной на рис. 3, можно применить и для измерения уровня жидкости. В этом случае устройство можно питать от сети, а вместо индикатора установить измерительный прибор со шкалой на 100 мкА. Размеры емкостного датчика определяются проводимостью измеряемой жидкости. Конструктивно мультивибратор собирают на продолжении пластин датчика и герметизируют компаундом. Блок питания, измерительный прибор и установочные резисторы *R7, R8* можно расположить на значительном расстоянии от датчика.

Для повышения надежности и уменьшения размеров переносный измеритель с емкостным датчиком можно собрать без стрелочного индикатора, используя для индикации светодиод. Принципиальная схема измерителя с индикацией на светодиоде показана на рис. 4. Устройство состоит из емкостного датчика *C1*, задающего генератора на транзисторе *V3*, частота которого около

10 МГц, усилителя на транзисторах *V4* и *V5*, узла контроля напряжения батареи на транзисторах *V6* и *V7*, узла индикатора на транзисторах *V10*, *V11* и светодиодах *V8*, *V9*, стабилизатора напряжения на транзисторе *V12* и стабилитроне *V13*.

В исходном состоянии при нажатой кнопке *S1* и свободных пластинах датчика транзистор *V6* открыт, *V7* закрыт (если напряжение питания батареи больше 6 В). Положительные импульсы с генератора через емкость датчика *C1*, диоды *V1* или *V2* поступают на конденсатор *C4* и заряжают его. Если емкость датчика мала, транзисторы *V4* и *V5* закрыты. При увеличении емкости датчика транзисторы *V4*, *V5* открываются, *V10*, *V11* закрываются и светодиоды *V8*, *V9* гаснут. Если напряжение батареи питания становится меньше 6 В, закрывается транзистор *V6*, открывается *V7*, что также приводит к закрыванию транзисторов *V10*, *V11* и погасанию светодиодов. Пороговыми элементами в устройстве служат переходы база-эмиттер транзисторов *V4*—*V7* и *V10*, *V11*. Чувствительность устройства устанавливают подстроечным резистором *R3*.

Корпусом влагомера и одновременно емкостным датчиком служат две пластины фольгированного стеклотекстолита толщиной 2 мм, шириной 30 мм и длиной 300 мм. Часть пространства между пластинами на 100 мм по их длине занята монтажом деталей влагомера. Оставшиеся 200 мм служат датчиком. Пластины соединяются между собой с помощью шпилек длиной 25 мм или болтов и стоек длиной 15 и диаметром 5 мм.

С целью устранения гальванической связи между пластинами через измеряемое вещество фольга снята с краев пластин датчика на 2 мм. На рабочую поверхность пластин датчика эпоксидным компаундом приклеены пластины тонкого стеклотекстолита толщиной 0,3 мм. На передней пластине датчика размечена шкала диапазонов влажности измерителя (шкалы можно сделать съемными). В ручке просверлены отверстия, в которые установлены светодиоды. Разметку шкалы делают способом, аналогичным приведенному в описании измерителя со стрелочным индикатором.

Для устройства пригодны кремниевые маломощные высокочастотные транзисторы со статическим коэффициентом передачи тока $h_{21э}$ больше 60, например

КТ315, КТ312, КТ306 (любые из серий), или транзисторные сборки, например, К125НТ1. Светодиоды следует использовать с рабочим током не более 10 мА. Катушка индуктивности *L1*, *L2* задающего генератора намотана проводом ПЭЛШО 0,41 на двухсекционном пластмассовом каркасе с внутренним диаметром 7 и длиной 20 мм. Первичная обмотка содержит 30 витков с отводом от середины, вторичная — 15 витков, намотанных поверх первичной.

Налаживание устройства начинают с узла контроля напряжения. Сначала необходимо установить движок переменного резистора *R3* в верхнее по схеме положение, при котором транзисторы *V4* и *V5* будут закрыты. Измеритель подключают к источнику регулируемого постоянного напряжения, позволяющему устанавливать напряжение в пределах 5—10 В. При понижении напряжения источника питания ниже 6 В светодиоды должны резко гаснуть. Если светодиоды гаснут при другом напряжении, необходимо подобрать номинал резистора *R6*. Затем проверяют работу задающего генератора с помощью осциллографа. Выходной сигнал генератора должен быть синусоидальной формы частотой 7—10 МГц и с амплитудой 2 В. После чего устанавливают пластины датчика и помещают их в измеряемый материал с минимально возможной влажностью. Движок подстроечного резистора *R3* поворачивают до положения засвечивания светодиодов. Затем производят разметку шкалы влажности по ранее описанному способу.

Для измерения влажности необходимо нажать на кнопку *S1* и погрузить пластины датчика в исследуемый материал до положения, когда светодиоды погаснут, и по шкале определить влажность.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ЧАСЫ НА МИКРОМОЩНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМАХ

Р. Майзульс

Широко распространенные микросхемы серий К155 и К133 имеют существенный недостаток — сравнительно большую потребляемую мощность. В связи с этим устройства, собранные на этих микросхемах, нельзя

питать от малогабаритных гальванических батарей и аккумуляторов. В электронных часах с питанием от сети усложняется построение цепей резервного питания, предотвращающего сбои в ходе часов при временных выключениях напряжения электросети. Кроме того, микросхемы названных серий имеют сравнительно невысокую степень интеграции и поэтому для реализации конкретных конструкций требуется достаточно большое число корпусов.

Ниже описаны электронные часы, собранные на микромощных элементах повышенной степени интеграции — серии К176. Все пересчетные элементы часов могут питаться или от выпрямителя, или от маломощного источника напряжением 9 В (батареи «Крона», двух батарей 3336Л, аккумулятора 6Д-0,1 и т. д.) Индикаторы питаются только от выпрямителя. Таким образом, при перерывах в работе сети индикация выключается, а счет времени продолжается. Это, наряду с простотой реализации, является существенным достоинством предлагаемой схемы.

Часы обеспечивают отсчет времени с точностью до одной минуты при нестабильности хода ±0,2 с в сутки. Для отсчета времени применены девятисегментные вакуумные индикаторы типа ИВ-3, однако можно использовать и другие, например ИВ-6 или ИВ-12. Существенным преимуществом этих индикаторов по сравнению с широко распространенными газоразрядными индикаторами ИН является то, что все их аноды — сегменты расположены в одной плоскости и угол обзора индикатора достигает 130—150°. Общая мощность, потребляемая часами, не превышает 0,8 Вт, а при отключении индикации в режиме питания от батареи — не более 0,05 Вт.

Структурная схема часов приведена на рис.1. Кварцованный задающий генератор *ЗГ*, выполненный совместно с многоразрядным делителем частоты, формирует импульсы с частотой следования 1 Гц. Эта частота понижается последовательно включенными счетчиками секундных *С*, минутных *М* и часовых *Ч* импульсов. Коэффициенты пересчета этих счетчиков соответственно равны 60, 60 и 24. Кодовые комбинации счетчиков используют для коммутации сегментов вакуумных индикаторов блока индикации *БИ*, а также для управления блоком

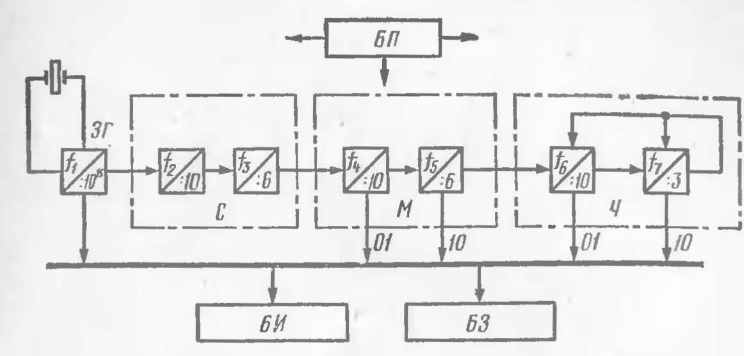


Рис. 1. Структурная схема часов

звуковой сигнализации *БЗ*. Блок *БЗ* в начале каждого часа подает звуковые сигналы («бой»).

Принципиальная схема электронных часов приведена на рис. 2. Задающий генератор выполнен на микросхеме *D1*, в одном корпусе с двумя делителями частоты. Коэффициент деления первого делителя равен 2^9, а второго — 2^6. Генератор с кварцем *Z1* формирует последовательность импульсов частотой 2^{15} Гц = 32 768 Гц. Эти импульсы подаются на вход 9-разрядного делителя частоты. Для образования 15-разрядного делителя выход первого делителя *(9)* соединяется со входом второго *(10)*. На выходе микросхемы *D1* частота генератора понижается до 1 Гц.

Счетчики секундных, минутных и часовых импульсов, выполненные в основном по однотипной схеме, состоят из декадных счетчиков *D2, D4, D7* и счетчиков *D3, D6, D8* с коэффициентом пересчета, равным 6. Входные импульсы подаются в этих счетчиках на входы *T*, выходной сигнал снимается с выходов *10* или *6* и имеет частоту в десять или шесть раз ниже, чем на входе. Для установки делителя *D1* и счетчиков в исходное (нулевое) состояние на соответствующие входы установки нуля *R* необходимо подать уровень логической единицы. В рабочем режиме (режиме пересчета) на этих входах должны быть уровни логического нуля.

Необходимый коэффициент пересчета счетчика часовых импульсов (24) достигается введением сигнала обратной связи, который формируется специальным

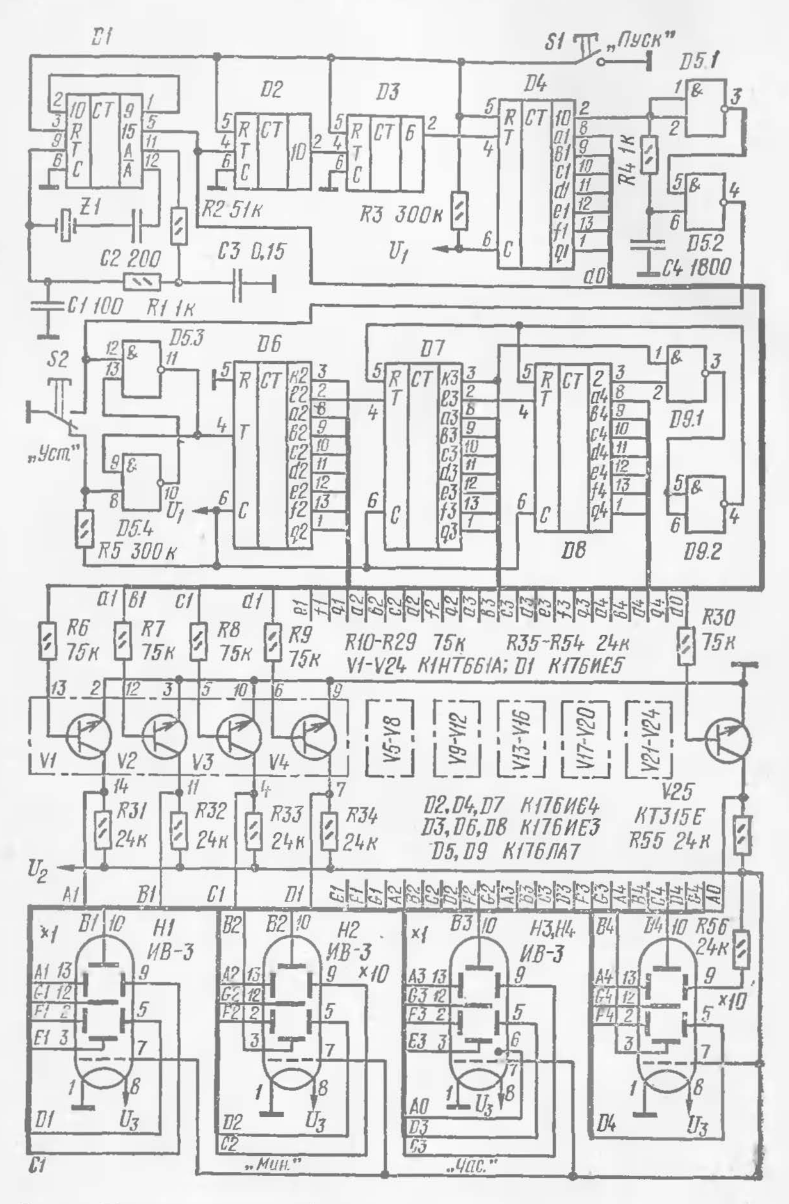


Рис. 2. Принципиальная схема часов

дешифратором, выполненным на элементах *D9.1* и *D9.2*. Для этого используют дополнительные выходы микросхем (вывод *3*). В счетчике *D7* на дополнительном выходе в интервале чисел 9-0-1-2-3 устанавливается уровень 0, а в интервале 4-5-6-7-8 — уровень 1. В счетчике *D8* в интервале 0-1 — уровень 0, а в интервале 2-3-4-5 — уровень 1. При установке счетчиков *D8* и *D7* соответственно в положение 2 и 4 на дополнительных выходах появляются уровни 1. При этом на входы начальной установки *R* счетчиков *D8* и *D7* через дешифратор также подается уровень 1, и последние устанавливаются в исходное (нулевое) состояние. После этого цикл пересчета повторяется.

На счетчик *D6*, просчитывающий десятки минут, импульсы поступают через узел, выполненный на инверторах *D5.1—D5.3*. Этот узел необходим для безошибочной работы часов в режиме установки точного времени. На входы инвертора *D5.2* поданы взаимноинверсные импульсы со входа и выхода инвертора *D5.1*, при этом первый из них задержан интегрирующим *RC*-звеном. В статическом режиме сигнал на выходе инвертора *D5.3* соответствует уровню 0. Уровень 1 на этом выходе появляется лишь тогда, когда сигнал на входе инвертора *D5.1* переходит из единичного состояния в нулевое, т. е. в момент перехода счетчика *D4*, просчитывающего единицы минут, из состояния 9 в состояние 0. Длительность положительного перепада зависит от параметров звена *R4C4*. Счетчик *D6* запускается задним фронтом этого перепада.

Выключатель *S1* «Пуск» и кнопка *S2* «Уст.» предназначены для остановки часов, начальной установки на индикаторах точного времени и последующего запуска часов. Выключатель *S1*, подавая на входы *R* делителя *D1* и счетчиков *D2—D4* уровень 1, блокирует процесс счета и устанавливает их в исходное состояние. При нормальном положении кнопки *S2* на тактовом входе *D6* устанавливается нулевой потенциал. При нажатии и последующем отпускании кнопки *S2* на входе *D6* появляются сначала положительный, а затем отрицательный перепады напряжения. Цепь установки часов охватывает три счетчика *D6—D8*. Таким образом, нажимая и отпуская кнопку, можно установить часы на любой (с точностью до 10 мин) требуемый момент времени. Макси-

мально необходимое число нажатий кнопки, которое может понадобиться в наиболее неблагоприятном варианте установки, равно 24 × 6 — 1 = 143. При наступлении заранее установленного момента времени, например по началу шестого импульса сигналов точного времени, передаваемых каждый час по радио, необходимо нажать кнопку *S1*.

Переключение механических контактов обычно сопровождается дребезгом. Для предотвращения дребезга контактов кнопки *S2* использован специальный формирователь, выполненный в виде простого *RS*-триггера на двух инверторах *D5.3—D5.4*. Нулевой потенциал, прикладываемый при нажатии кнопки к одному из входов триггера, опрокидывает его в одну сторону, а при отпускании — в другую. При каждом срабатывании кнопки триггер реагирует только на первое ее замыкание, и последующий дребезг уже не меняет его состояния.

Кодовые двоичные комбинации счетчиков *D2—D4* и *D6—D8* преобразуются встроенными дешифраторами в специальный код, предназначенный для управления семисегментными индикаторами. В описываемых часах отсчет секунд не выводится на индикаторы, поэтому выходы дешифраторов *D2* и *D3* на схеме не показаны. Соответствующие выходы *D4, D6—D8* обозначены последовательностью строчных букв латинского алфавита a—g с цифровыми индексами. Светящемуся сегменту индикатора соответствует уровень нуля на выходе дешифратора и, наоборот, несветящемуся сегменту соответствует уровень единицы. Для обеспечения данной полярности позиционного кода выходы управления *C* счетчиков *D4, D6, D7* и *D8* присоединены к шине питания U_1. Одноименные выводы счетчиков *D2* и *D3* присоединены к корпусу.

Индикаторы ИВ-3 являются триодами с положительным потенциалом на сетке, величина которого должна быть равной потенциалу на светящемся аноде-сегменте $U_а = U_с = 20$ В. Раскаленная нить прямого накала ($U_н = 0{,}85$ В; $I_н = 50$ мА) испускает электроны, которые бомбардируют покрытые слоем люминофора аноды. Аноды под воздействием потока электронов светятся зеленым светом. Для управления индикаторными лампами используют специальные буферные каскады, которые согласуют выходы дешифраторов со входами индикато-

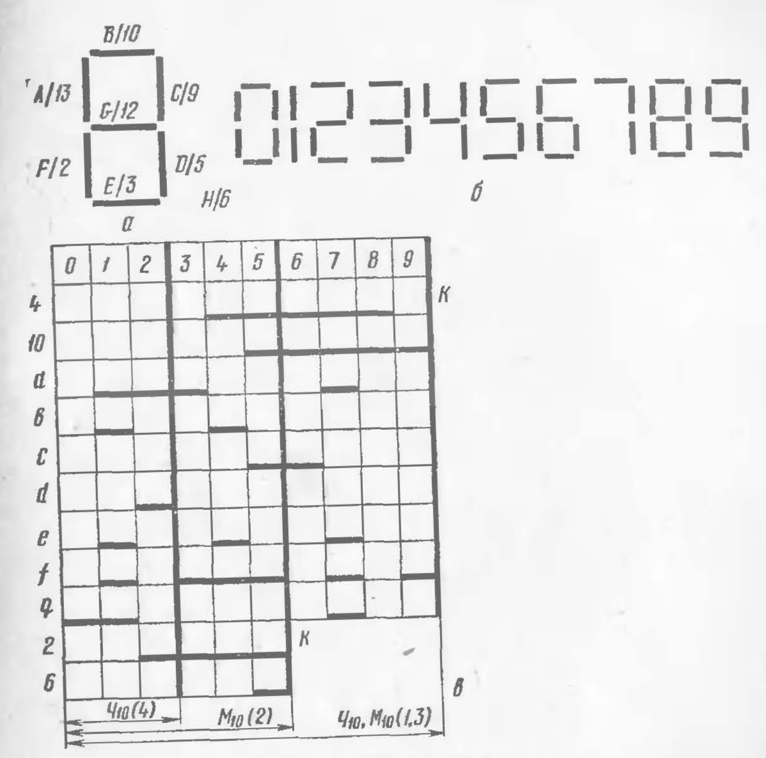


Рис. 3. Синтез цифр в семисегментном коде

ров и формируют необходимые перепады напряжений. Эти каскады выполнены на основе транзисторных сборок К1НТ661А. Каждая сборка состоит из четырех высоковольтных транзисторов, включенных по схеме с общим эмиттером. Могут быть использованы и каскады на основе обычных транзисторов, например КТ315.

Принцип синтеза цифр в семисегментном коде иллюстрируется рис. 3. На рис. 3, *а* приведена семисегментная матрица. Ее отдельные сегменты, соответствующие определенным выходам дешифраторов *D4, D6—D8*, обозначены последовательностью прописных букв латинского алфавита (A — G). Здесь же приведены номера выводов, которые соответствуют данным сегментам в девятисегментном индикаторе ИВ-3. Два сегмента данно-

го индикатора, представляющие собой диагонали верхнего и нижнего квадратов матрицы, в данной схеме не используются. На рис. 3, *б* приведена конфигурация цифр 0...9, выраженная в семисегментном коде. Такое представление цифр является наиболее распространенным, хотя используются и другие начертания.

Исходя из того, что светящемуся сегменту индикатора соответствует уровень 0 на выходе дешифратора, а несветящемуся — уровень 1, можно рассмотреть примеры формирования отдельных цифр. Для формирования цифры 5 необходимо обеспечить уровень 1 на выводах «*c*» и «*f*», а на остальных — уровень 0. Для формирования цифры 1 необходимо обеспечить уровень 0 только на выходах «*c*» и «*d*», а на остальных — уровень 1. На рис. 3, *в* приведена диаграмма, иллюстрирующая распределение потенциалов на выходах дешифратора в процессе синтеза всей последовательности цифр в семисегментном коде. На этой диаграмме выделены рабочие интервалы счетчиков *D6* и *D8*, просчитывающие десятки минут ($М_{10}$) и десятки часов ($Ч_{10}$), а также счетчиков *D4* и *D7*, просчитывающих единицы минут ($М_{01}$) и единицы часов ($Ч_{01}$). Здесь же приведено распределение потенциалов на тактовых (10) и дополнительных (*4*) выходах счетчиков $М_{01}$ и $Ч_{01}$, а также на соответствующих выходах *6* и *2* счетчика $М_{10}$. Дополнительные выходы обозначены латинской буквой *K* с цифровым индексом.

По диаграмме рис. 3, *в*, в частности, можно видеть, что у индикатора $Ч_{10}$ сегмент *C4* должен светиться постоянно, а сегменты *B4, E4, F4* переключаются синхронно и могут поэтому быть соединенными между собой и управляться одним из выходов дешифратора *D8*, например выходом *B4*. Кроме того, сегменты *B2* и *E2* индикатора $М_{10}$ также должны переключаться синхронно и могут быть соединены между собой. Это упрощает схему управления индикаторами (см. рис. 2).

Блок звуковой сигнализации *Б3* в начале каждого часового интервала формирует сигнал «боя». Схема блока *Б3*, приведенная на рис. 4, *а*, реализована на логических ячейках 2И—НЕ *D10—D11*. Звуки «боя» формируются одновибратором на элементах *D10.3—D10.4* с постоянной времени 3,5 с и мультивибратором на элементах *D11.1—D11.2* с частотой колебаний около 800 Гц. Эмиттерный повторитель *V26* служит для согласования нагрузки с

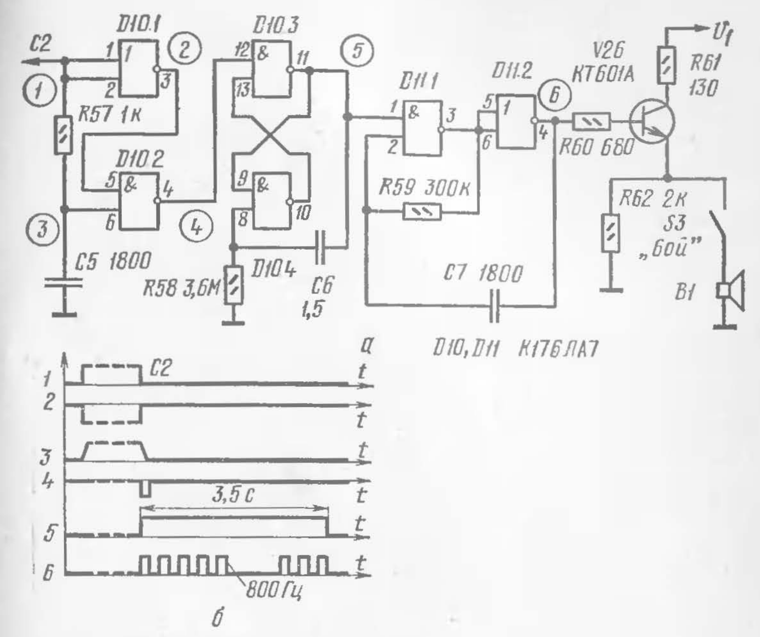


Рис. 4. Блок звуковой сигнализации

выходом мультивибратора. Как следует из диаграммы, изображенной на рис. 3, *в*, каждый раз при переходе от одного часового интервала к другому образуется отрицательный перепад напряжения на выходе *C2* счетчика десятков минут $М_{10}$. Этот перепад, пройдя через дифференцирующую цепь *R57C5* и элементы *D10.1* и *D10.2*, запускает одновибратор, который в свою очередь подает разрешающий потенциал на мультивибратор. Блок *Б3* формирует звуковой сигнал частотой около 800 Гц, продолжающийся 3,5 с. Работа блока *Б3* иллюстрируется диаграммами, изображенными на рис. 4, *б*.

Чтобы использовать блок *Б3* в качестве будильника, в него следует дополнительно ввести преобразователь семисегментного кода в позиционный десятичный код и устройство набора времени.

Схема блока питания изображена на рис. 5. Выпрямленное напряжение $U_2 = 23$ В поступает на аноды и сетки индикаторов. Микросхемы питаются стабилизирован-

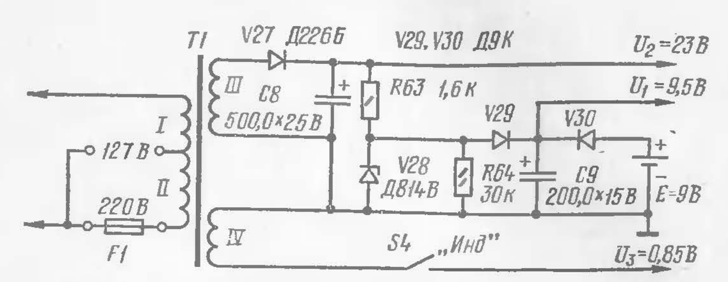


Рис. 5. Принципиальная схема блока питания

ным напряжением $U_1 = 9{,}5$ В. Для питания нитей накала индикаторов используется переменное напряжение $U_3 = 0{,}85$ В. Резервом служит батарея гальванических элементов «Крона». В нормальном режиме работы, когда есть напряжение сети, диод *V29* открыт, а диод *V30* — закрыт, и батарея выключена. При отключении сетевого напряжения диод *V29* закрывается, а *V30* открывается, и напряжение батареи поступает для питания микросхемы.

При появлении напряжения сети функция питания микросхем автоматически переходит к блоку питания. Таким образом, случайные перерывы и броски в работе сети не нарушают отсчет времени. Гальванический элемент, который работает в данной схеме в буферном режиме, сохраняет свою работоспособность в течение длительного времени.

Трансформатор питания *T1* выполнен на магнитопроводе ШЛ 16 × 16. Обмотки *I* и *II* содержат соответственно 2250 и 1650 витков провода ПЭВ-1 0,25, обмотка *III* — 360 витков провода ПЭВ-1 0,25, обмотка *IV* — 15 витков провода ПЭВ-1 0,56.

При условии безошибочной сборки с использованием исправных микросхем электронные часы не требуют налаживания и работают сразу после включения.

ЦИФРОВОЙ СИНХРОНИЗАТОР ДЛЯ ОЗВУЧИВАНИЯ ФИЛЬМОВ

Р. Томас

Электронный цифровой синхронизатор предназначен для работы с кинопроекторами «Луч-2», «Луч-2С8», «Квант», «Русь» или любыми другими, имеющими контактную группу, переключающуюся через каждые четыре кадра фильма, и магнитофоном, снабженным специальным датчиком синхроимпульсов.

При озвучивании «под изображение» и демонстрации фильма синхронизатор обеспечивает:

автоматическое устранение позиционной ошибки при пуске и остановке проектора;

автоматическое поддержание синхронности изображения и звука независимо от длительности фильма с точностью ±2 кадра;

контроль качества синхронизации;

устранение позиционной ошибки оператором в пределе ±2 кадра с точностью до ±0,1 кадра.

Синхронизатор состоит из двух формирователей прямоугольных импульсов, двух четырехразрядных двоичных счетчиков, логического устройства, сравнивающего устройства, регулятора скорости двигателя проектора, индикатора синхронной скорости кинопроекции и блока питания. Принципиальная электрическая схема синхронизатора приведена на рис. 1.

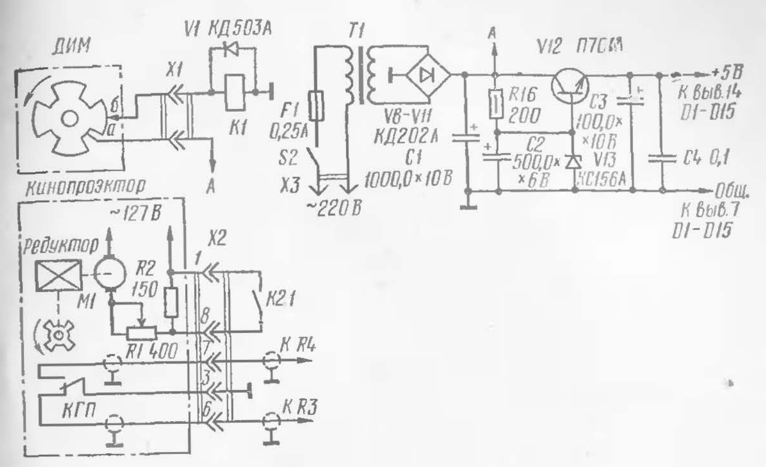
Ф о р м и р о в а т е л ь   и м п у л ь с о в, выполненный на реле *K1* и элементах *D1.1* и *D1.2*, устраняет дребезг контактов датчика импульсов магнитофона (ДИМ) и реле *K1*, обеспечивая получение прямоугольных счетных импульсов.

Формирователь импульсов, выполненный на элементах *D1.3* и *D1.4*, обеспечивает устранение дребезга контактов датчика импульсов проектора (КГП), выдавая на выходе прямоугольные счетные импульсы.

Светодиоды *V2* и *V3* служат для визуального контроля работы формирователей импульсов.

Счетчик импульсов магнитофона выполнен на элементах *D3* и *D4*, а счетчик импульсов проектора — на элементах *D14* и *D15*. Каждый из них представляет собой четырехразрядный двоичный счетчик, выполненный на *D*-триггерах.

Рис. 1. Принципиальная схема синхронизатора



Продолжение рис. 1

Максимальная емкость счетчиков — 15 двоичных единиц. Установка счетчика в исходное состояние производится кнопкой *S1*.

Логическое устройство на элементах *D5*, *D6.1* и *D6.2*, предназначено для анализа состояния триггеров старших разрядов счетчиков (элементы *D4.2* и *D15.2*) и установки их в состояние 0, если эти триггеры находятся в состоянии 1 (операция вычитания числа восемь из чисел, хранящихся в счетчиках).

Сравнивающее устройство, выполненное на элементах *D7—D12* предназначено для поразрядного сравнения двух четырехразрядных двоичных чисел, поступающих в него со счетчиков импульсов. Если число, поступающее со счетчика магнитофона, меньше числа, поступающего со счетчика проектора, или числа равны, на выходе сравнивающего устройства (вывод 8 элемента *D12.2*) формируется уровень логического 0. Если число, поступающее со счетчика магнитофона, больше числа, поступающего со счетчика проектора, формируется уровень логической 1. Светодиод *V7* обеспечивает контроль результата сравнения.

Регулятор скорости двигателя проектора, выполненный на элементе *D13.1*, транзисторах *V4*, *V5* и реле *K2*, осуществляет импульсное регулирование скорости вращения двигателя проектора. При поступлении на его

вход уровня логического 0 с выхода сравнивающего устройства (вывод 8 элемента *D12.2*) обмотка реле *K2* обесточена, в цепь питания двигателя проектора последовательно включен резистор *R2*. При поступлении уровня логической 1 реле *K2* срабатывает и шунтирует резистор *R2*.

Индикатор синхронной скорости кинопроекции, выполненный на элементах *D11.2, D13.3, D13.4,* резисторах *R11—R15* и микроамперметре *RA1*, позволяет определить позиционную ошибку в пределе ± 2 кадра с точностью до 0,1 кадра.

Принцип действия стрелочного индикатора основан на том, что через микроамперметр, по шкале которого производится точный отсчет величины рассогласования, протекает разнополярный ток, среднее значение которого пропорционально отношению интервалов времени уровней логического 0 и логической 1 на выходе сравнивающего устройства.

При синхронной кинопроекции среднее значение тока через прибор равно нулю. При наличии позиционной ошибки в пределе ±2 кадра среднее значение тока увеличивается, стрелка прибора отклоняется вправо или влево, пропорционально величине и знаку рассогласования. При ошибке в два и более кадров сила тока через прибор максимальна, стрелка прибора находится в крайнем положении.

Блок питания состоит из трансформатора питания *T1*, выпрямителя на диодах *V8—V11*, стабилизатора напряжения на транзисторе *V12* и стабилитрона *V13*.

Датчик импульсов магнитофона самодельный. Роль контактов выполняют скользящий токосъем *б* и коллектор-прерыватель *а*, установленный на валу обрезиненного ролика и приводимый во вращение движущейся магнитной лентой. Диаметр обрезиненного ролика рассчитан таким образом, что за время протяжки 16 кадров фильма цепь коллектор-скользящий токосъем замыкается и размыкается четыре раза. Чертежи и описание ДИМ приведены в брошюре «В помощь радиолюбителю», вып. 45 (М., ДОСААФ, 1974).

В исходном состоянии системы синхронизации контакты ДИМ разомкнуты, верхний и средний контакты КГП разомкнуты, на входы счетчиков поступает напряжение с уровнем логического 0, все триггеры счетчиков

находятся в состоянии 0, на выходе логического устройства (вывод *6* элемента *D6.2*) уровень логической *1*, на выходе сравнивающего устройства (вывод *8* элемента *D12.2*) — уровень логического *0*, обмотка реле *K2* обесточена.

При включении магнитофона и проектора синхроимпульсы с ДИМ и КГП поступают на формирователи прямоугольных импульсов, и счетчики магнитофона и проектора начинают их пересчет. В связи с тем, что продолжительность разгона двигателя проектора больше времени разгона двигателя магнитофона, количество синхроимпульсов, поступающих с КГП вначале, будет несколько меньше количества синхроимпульсов, поступивших с ДИМ. Сравнивающее устройство при этом формирует сигнал на включение реле *K2*. Шунтирование сопротивления *R2* в цепи питания двигателя проектора обеспечивает форсированный разгон двигателя. Реле *K2* остается включенным на время, пока количество синхроимпульсов, поступивших с КГП, не станет равным количеству синхроимпульсов, поступивших с ДИМ. Практически время переходного процесса при пуске двигателей составляет не более 2,5 с, при этом максимальная величина рассогласования достигает не более 5 импульсов (20 кадров).

«Переполнение» счетчиков во время пуска системы и в течение всего времени ее работы при рассогласованиях не более 7 импульсов (28 кадров фильма) исключается логическим устройством, осуществляющим операцию вычитания числа 8 из чисел, хранящихся в счетчиках. Предположим, что очередной синхроимпульс с ДИМ перевел счетчик магнитофона в положение, при котором триггеры *D3.1* и *D3.2* находятся в состоянии 0, а триггеры *D4.1* и *D4.2* — в состояние 1 (число 12); счетчик проектора находится в положении, при котором триггеры *D14.1, D14.2, D15.1* находятся в состоянии 1, а триггер *D15.2* — в состоянии 0 (число 7). С приходом очередного синхроимпульса с КГП триггеры D *D14.1, D14.2, D15.1* счетчика проектора переходят в состояние 0, а триггер *D15.2* — в состояние 1 (число 8), при этом на выводы *1* и *2* элемента *D5.1* поступают сигналы с уровнем логической 1, триггер логического устройства (элементы *D5.3* и *D5.4*) переходит в состояние 1, с вывода *6* элемента *D6.2* на вход V триггеров *D4.2* и *D15.2* поступает

сигнал с уровнем логического 0, переводя триггеры в состояние 0.

Принудительный сброс триггеров старших разрядов счетчиков соответствует вычитанию числа *8* из чисел, хранящихся в счетчиках.

После установки триггеров *D4.2* и *D15.2* в состояние 0 на выводы *4* и *5* элемента *D5.2* поступают сигналы с уровнем логической 1, триггер логического устройства переходит в состояние 0, уровень логического 0 с входа V триггеров *D4.2* и *D15.2* снимается. Счетчики находятся в состоянии, при котором разность рассогласования осталась прежней.

Периодическое вычитание числа *8* из счетчиков позволяет постоянно сохранять разность двух чисел и исключает «переполнение» счетчиков при неограниченном количестве импульсов, поступающих на входы счетчиков.

В режиме установившейся синхронной скорости проекции синхроимпульсы, поступающие с ДИМ и КГП, равны по частоте, но следуют с некоторым сдвигом во времени (импульсы с КГП отстают примерно на половину периода). При каждом очередном синхроимпульсе, поступающем с ДИМ, число в счетчике магнитофона становится больше числа в счетчике проектора на единицу, при этом включается реле *К2*, шунтирующее своими контактами резистор *R2* в проекторе. При каждом очередном синхроимпульсе с КГП числа в счетчиках становятся равными, и реле *К2* выключается, в цепь питания двигателя проектора включается последовательно резистор *R2*. Периодически, через каждые восемь синхроимпульсов, поступающих с датчиков, когда значения чисел в счетчиках становятся равными восьми, счетчики сбрасываются на ноль.

Таким образом, в процессе синхронной работы проектора и магнитофона контакты реле *К2* периодически (4 раза в секунду) замыкают и размыкают резистор *R2* в цепи питания двигателя проектора, а среднее значение напряжения на двигателе пропорционально отношению интервалов времени замыкания и размыкания резистора *R2*.

При абсолютно синхронной работе проектора и магнитофона время замыкания резистора *R2* равно времени его размыкания.

Если в результате каких-либо причин (изменения напряжения источника питания двигателя или изменения нагрузки на валу двигателя проектора) скорость проекции начинает увеличиваться (уменьшаться), то время замыкания контактов реле *К2* уменьшается (увеличивается), при этом среднее значение напряжения на двигателе проектора уменьшается (увеличивается), сохраняя скорость проекции синхронной относительно фонограммы фильма. Возникающий при этом некоторый сдвиг участков фильма и фонограммы не превышающий ±2 кадра может быть устранен оператором при помощи регулятора скорости проекции (резистор *R1* проектора). Контроль качества синхронизации с точностью до 0,1 кадра производится по стрелочному индикатору синхронной скорости.

При выключении проектора и магнитофона поступление синхроимпульсов от ДИМ прекращается почти мгновенно, а от проектора, в силу инерционности его механизма, в счетчик поступает еще несколько синхроимпульсов (практически не более 6). Однако емкость счетчика не позволяет ему «переполниться».

Таким образом, при озвучивании фильма можно включать и выключать проектор и магнитофон, не боясь потерять синхронность изображения и звука.

Детали и конструкция. В синхронизаторе использованы следующие детали: микроамперметр *PA1* — прибор М592 с силой тока полного отклонения 100 мкА и нулем посередине шкалы. Возможно применение приборов М265, М494 с аналогичной шкалой. Если имеются приборы с меньшей чувствительностью, то следует изменить сопротивление резисторов *R11—R15*.

Реле *К1* и *К2* РЭС-15 (паспорт РС4.591.002) или РЭС-55А (паспорт РС4.569.603). Потенциометры *R13* и *R15* — СП-2. Тумблер *S2* — ТВ1-1. Кнопка *S1* — КМ1-1. Трансформатор *T1* выполнен на сердечнике ШЛ 20 × 20. Его первичная обмотка содержит 3000 витков провода ПЭВ-2 0,15, а вторичная — 110 витков провода ПЭВ-2 0,51. Микросхемы серии К155, используемые в синхронизаторе, можно заменить серией К133. Конденсаторы — К50—6 и К10—23, резисторы — МЛТ-0,125. Подключение синхронизатора к проектору производится восьмиштырьковым октальным цоколем от радиолампы.

Конструкция синхронизатора произвольная, в частности, корпус синхронизатора может быть выполнен в виде подставки к проектору.

Доработка проектора сводится к отпайке провода от среднего контакта КГП и соединению среднего контакта новым проводником с лепестком 3 штепсельной панели подключения синхронизатора. Для установки проектора в исходное положение перед пуском на диск зубчатого барабана и корпус проектора необходимо нанести метки. Для этого к гнездам 3 и 6 штепсельной панели подключают омметр. Вращая ручку покадровой проекции, определяют начальный момент замыкания контактов КГП. Довернув зубчатый барабан на $^1/_{16}$ оборота по часовой стрелке, на диске зубчатого барабана и корпуса проектора делают метки.

Налаживание и контроль работы синхронизатора. К гнездам датчика импульсов магнитофона подключают омметр. Поворачивая обрезиненный ролик против часовой стрелки, определяют начальный момент размыкания его контактов и ставят метку на его диске против отметки на направляющей колонке.

Контроль работы синхронизатора осуществляется при выключенных двигателях проектора и магнитофона.

Контроль работы ДИМ и формирования прямоугольных импульсов осуществляется при помощи светодиода *V2*. За один оборот обрезиненного ролика ДИМ светодиод должен зажигаться четыре раза.

Контроль работы КГП и формирования прямоугольных импульсов осуществляется при помощи светодиода *V3*. При вращении ручки покадровой проекции за один оборот зубчатого барабана светодиод должен зажигаться четыре раза.

Настройка индикатора синхронной скорости производится следующим образом. ДИМ и КГП устанавливают в положения, при которых светодиоды *V2* и *V3* не горят. Нажатием на кнопку *S1* устанавливают счетчики в исходные положения. Светодиод *V7* гореть не должен. Вращая ось потенциометра *R15*, устанавливают стрелку *PA1* на крайнее левое деление шкалы (100 мкА), после чего ось потенциометра фиксируют стопором. Вращая обрезиненный ролик ДИМ, формируют один счетный импульс. Обрезиненный ролик ДИМ поворачивают до зажигания светодиода *V2*, при этом зажигается и светодиод *V7*. Вращая ось потенциометра *R13*, устанавливают стрелку *PA1* на крайнее правое деление шкалы (100 мкА), после чего ось потенциометра фиксируют стопором.

Для контроля работы счетчиков, логического и сравнивающего устройств ДИМ и КГП устанавливают в положения, при которых светодиоды *V2* и *V3* не горят. Нажимают на кнопку *S1*, светодиод гореть не должен. Вращая поочередно обрезиненный ролик ДИМ и ручку покадровой проекции, формируют одиночные синхроимпульсы на счетчики магнитрона и проектора. Формирование синхроимпульсов контролируют по светодиодам *V2* и *V3*. При подаче первого и последующих синхроимпульсов с ДИМ должны зажечься светодиод *V7* и сработать реле *K2*, а стрелка индикатора *PA1* отклониться на всю шкалу вправо. При подаче первого и последующих синхроимпульсов с КГП светодиод *V7* и реле *K2* должны выключаться, стрелка индикатора отклоняться на всю шкалу влево. Всего на каждый из счетчиков необходимо подать по 17 синхроимпульсов.

Подготовка проектора, магнитофона и синхронизатора к работе заключается в том, что подают питание на проектор, синхронизатор и магнитофон. Вращая ручку покадровой проекции, совмещают метки на зубчатом барабане и корпусе проектора. Регулятор скорости проекции устанавливают в положение, при котором обеспечивается номинальная скорость проекции. Проектор заряжают кинолентой. Начальный «меченый» кадр фильма устанавливается в фильмовом канале. Магнитофон заряжают магнитной лентой и совмещают метки, имеющиеся на магнитной ленте, направляющей колонке и обрезиненном ролике ДИМ. Включают тумблер *S2* синхронизатора и нажимают на кнопку *S1*, при этом светодиоды *V2*, *V3* и *V7* гореть не должны, стрелка индикатора *PA1* должна находиться в крайнем левом положении. Проектор, магнитофон и синхронизатор готовы к работе.

Сразу же после пуска проектора и магнитофона регулятор скорости проекции корректируют в положение, при котором стрелка индикатора синхронной скорости

PA1 находится на нуле. Отклонение стрелки индикатора на несколько делений вправо или влево от нуля свидетельствует об опережении или отставании изображения от звука. Два деления шкалы соответствуют несинхронности в 0,2 кадра, половина шкалы — одному кадру фильма.

НАШИ КОНСУЛЬТАЦИИ

По сборнику ВРЛ № 67 (статья «Питание ламп дневного света», автор А. Халатян)

Что нужно изменить в схеме при питании ламп с разной мощностью?

В зависимости от мощности лампы дневного света выбирается емкость (в мкФ) конденсаторов *C3* и *C4* (схема рис. 2, *а*) и конденсатора *C2* (схема рис. 2, *б*) для напряжения сети 220 В по формуле:

а) $C3 = C4 = 0{,}15\ P$

б) $C2 = 0{,}15\ P$,

где *P* — мощность лампы в Вт, а для напряжения сети 127 В по формуле:

а) $C3 = C4 = 0{,}435\ P$

б) $C2 = 0{,}435\ P$.

Затем величину емкости конденсаторов *C2, C3, C4* уточняют по следующим критериям:

сила тока через лампу не должна превышать допустимого значения тока через диоды и дроссели, а произведение этого тока на напряжение на лампе не должно превышать паспортную мощность лампы.

По сборнику ВРЛ № 59 (В. Суетин «Цифровой частотомер — мультиметр»)

Какие возможны замены микросхем?

Микросхему К284ЗД1 (старое название) можно заменить микросхемой К140УД8 (новое название), при этом элементы *R21, R22* и *C11* исключаются.

Потенциометр с номиналом 10 кОм целесообразно вынести на переднюю панель. Схема включения показана на рис. 1, *к*. Операционные усилители К1УТ401А (Б) (старое название) — новое название К140УД1А(Б) можно заменить на К140УД2, при этом необходимо учесть, что эта микросхема имеет большую склонность к самовозбуждению и для нормальной работы потребуется установка корректирующих конденсаторов. Кроме того, скорость нарастания выходного напряжения у микросхемы К140УД2 на порядок меньше, чем у К140УД1, следовательно снизится верхняя граница частотного диапазона точного измерения переменного напряжения.

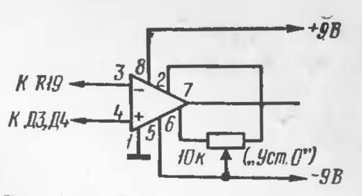


Рис. 1, *к*. Схема включения потенциометра

Какие неточности в схеме?

Конденсатор *C20* подключен неверно. Вывод, подключенный к «плюсу» источника питания, необходимо отсоединить и подключить к «минусу» источника питания.

Каковы входные параметры промышленного прибора, примененного автором?

Прибор счетный одноканальный ПСО2-2еМ, имеет следующие входные данные:

амплитуда входных сигналов (синусоидальных) — 0,3—10 В; амплитуда импульсов обеих полярностей — не более 20 В;

входное сопротивление 3 кОм;

входная емкость — не более 150 пФ;

частота регистрации синусоидального сигнала 400 кГц;

разрешающее время 2,5 мкс.

По сборнику ВРЛ № 68 (И. Перетягин, Б. Пороник «Генератор испытательных сигналов для регулировки цветных телевизоров»)

При работе со статьей следует учесть:

1. В схеме рис. 2:

на пересечении линий, идущих от резистора *R4* и выхода элемента микросхемы *D5.3*, пропущена точка;

на линии со стрелкой, идущей от правой обкладки (по схеме) конденсатора *C5*, точка не нужна;

резистор, подключенный к выходу элемента микросхемы *D8.1*, имеет позицию *R27* и номинал 560 Ом, *R2* имеет номинал 1,5 кОм;

высокочастотный дроссель *L4* имеет номинал 20 мкГ;

элемент микросхемы *D7.3* должен быть обозначен знаком («И» — «НЕ»);

переключатели *S1...S4* и *S9* имеют по две секции А и Б и показаны в «отжатом» положении.

2. В тексте:

все (без исключения) логические элементы микросхемы *D1...D9* — двухвходовые «И» — «НЕ» (элементы Шеффера), в тексте ошибочно некоторые из них названы «ИЛИ» — «НЕ»;

на стр. 51 (17 строка снизу) вместо *D2* следует читать *D5*.

3. В одном из последующих сборников ВРЛ будет опубликовано авторское дополнение к статье, где найдут отражение ответы на специфические вопросы читателей, приступивших к конструированию генератора.

По сборнику ВРЛ № 69 (Л. Шумяцкий «Цветомузыкальная установка»)

1. При работе со статьей следует учесть:

обмотка *1* трансформатора *T1* имеет отвод от 30-го витка. Этот отвод можно использовать для подключения контрольного громкоговорителя при регулировке АРУ и «компрессора», а также при эксплуатации ЦМУ;

контакт кнопки *S3*, шунтирующий резистор *R5*, должен быть нормально замкнутым.

2. Какие другие сердечники, кроме пермаллоевых, можно применять в трансформаторах?

Для изготовления трансформаторов *1—T1 — 4—T1* можно применить ферритовые кольца М2000 тех же типоразмеров, что указаны в статье.

Для трансформатора *T1* можно использовать Ш-образный сердечник из трансформаторной стали с сечением среднего керна 1 см². Каркас следует разделить на 5 секций. В каждой секции размещается одна обмотка по 60 витков провода ПЭВ-2 0,25.

Консультацию подготовил
инженер А. Дьяков

СОДЕРЖАНИЕ

Измерения 1
В. Суетин. **Цифровой измерительный прибор** 1
Автолюбителям 27
А. Синельников. **Электронный регулятор напряжения** . 27
В. Федоров. **Электронные прерыватели указателя поворотов** 32
Электроника в быту и в народном хозяйстве 41
В. Черленевский. **Реле времени для фотопечати** . . . 41
Т. Бербичашвили. **Приставка для подключения радиостанции к АТС** 47
Н. Дробница. **Измерители влажности с емкостными датчиками** 50
Р. Майзульс. **Электронные часы на микромощных интегральных схемах** 57
Р. Томас. **Цифровой синхронизатор для озвучивания фильмов** 67
Наши консультации 76